



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS

# TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE FRIJOL EN EL NORTE CENTRO DE MEXICO



Miguel Angel Martínez Gamiño  
Estebán Salvador Osuna Ceja  
J. Saúl Padilla Ramírez  
Jorge A. Acosta Gallegos  
Carabina Loredo Osti



**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION**

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez  
**Secretario**

Ing. Francisco López Tostado  
**Subsecretario de Agricultura**

Ing. Antonio Ruiz García  
**Subsecretario de Desarrollo Rural**

Lic. Jeffrey Max Jones Jones  
**Subsecretario de Fomento a los Agronegocios**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
**Director General**

Dr. Salvador Fernández Rivera  
**Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación**

Dr. Enrique Astengo López  
**Coordinador de Planeación y Desarrollo**

Lic. Marcial A. García Morteo  
**Coordinador de Administración y Sistemas**

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE**

Dr. Sebastián Acosta Núñez  
**Director Regional**

Dr. Jorge Elizondo Barrón  
**Director de Investigación**

M.C. Nicolás Maldonado Moreno  
**Director de Planeación**

M.A. José Luis Cornejo Enciso  
**Director de Administración**

**CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS**

M.C. José Luis Barrón Contreras  
**Director de Coordinación y Vinculación en San Luis Potosí**

# ***TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO***

**Dr. Miguel Ángel Martínez Gamiño**

Investigador del Nodo Regional de la Red de Frijol y otras Leguminosas Grano  
Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP

**Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja**

Investigador del Nodo Regional de la Red de Frijol y otras Leguminosas Grano  
Campo Experimental Pabellón CIRNOC-INIFAP

**Dr. J. Saúl Padilla Ramírez**

Investigador del Nodo Regional de la Red de Frutales Caducifolios  
Campo Experimental Pabellón CIRNOC-INIFAP

**Dr. Jorge A. Acosta Gallegos**

Investigador del Nodo Regional de la Red de Frijol y otras Leguminosas Grano  
Campo Experimental Bajío CIRCE-INIFAP

**Dra. Catarina Loredo Osti**

Investigador del Nodo Regional de la Red de Modelaje  
Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP

*Esta publicación forma parte de los productos comprometidos en el proyecto SAGARPA-CONACyT 175: “Adecuación y transferencia de componentes y fórmulas integrales para la producción de frijol de temporal en la región del Altiplano (Aguascalentense, Guanajuatense, Potosino y Queretano)”.*

**Libro Técnico No. 4**

**2008**

**ISBN: 978-607-425-030-5**

# *TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
Progreso No. 5  
Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán  
C.P. 04010, México, D.F.  
Tel (55) 3871-8700

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

**ISBN 978-607-425-030-5**

Primera Edición 2008  
Tiraje: 500 ejemplares  
Impreso en México  
Clave INIFAP/CIRNE/A-439

Cita correcta:

Martínez, G., M. A., E. S. Osuna C., J. S. Padilla R., J. A. Acosta G. y C. Loredó O. 2008. **Tecnología para la producción de frijol en el Norte Centro de México**. Libro Técnico No. 4. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 206 p.

## ***Prólogo***

La apertura del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC) en materia agrícola a partir del 2008, exige a los productores Mexicanos tener una alta competitividad en sus sistemas de producción. En el Altiplano semiárido de México, en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas se siembra más de un millón de hectáreas de frijol con un rendimiento medio de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  a un costo promedio de  $2,400.00 \text{ \$ ha}^{-1}$ , por lo que producir un kilo de frijol cuesta  $\$6.86$ . La competitividad de los productores de frijol de temporal en esta zona radica en reducir costos de producción y aumentar el rendimiento unitario.

El INIFAP a través de la investigación y validación ha generado componentes tecnológicos integrales para la producción de frijol de temporal, tales como técnicas para la preparación del suelo; cosecha de agua de lluvia "in situ"; variedades mejor adaptadas a temporales erráticos, de grano preferente y mejor calidad culinaria; recomendaciones para fertilizar oportunamente al cultivo; control integrado de plagas, enfermedades, maleza, determinación de áreas potenciales y esquemas exitosos de transferencia de tecnología para productores de frijol, todo ello con un enfoque agroecológico. La incorporación de estos componentes representa mejores opciones de producción en comparación con los sistemas tradicionales actualmente empleados por el productor, además de estar acorde con la conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

En este libro se presentan los resultados del proceso de investigación, validación y transferencia de diversos componentes tecnológicos para el cultivo de frijol, a fin de que los técnicos y productores los conozcan e integren a sus sistemas productivos, para lograr un nivel competitivo en el mercado nacional e internacional.

Es importante destacar que para alcanzar la competitividad en el cultivo del frijol, será necesario también la participación de todo el sector así como la organización de los productores. Se agradece el apoyo recibido por parte del CONACYT-SAGARPA y de las Fundaciones Produce de Durango, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, para la realización de diversas acciones de investigación y transferencia de tecnología, las cuales permitieron en gran medida conjuntar la información contenida en este libro.

## CONTENIDO

|             |   | Página |
|-------------|---|--------|
| Capítulo 1  | PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO: UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO.   | 1      |
| Capítulo 2  | POTENCIAL PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRIJOL EN SAN LUIS POTOSÍ.  | 11     |
| Capítulo 3  | LA PREPARACIÓN DEL SUELO PARA PRODUCIR FRIJOL DE TEMPORAL CON UN ENFOQUE DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ. | 32     |
| Capítulo 4  | CAPTACIÓN <i>IN SITU</i> DEL AGUA DE LLUVIA Y MÉTODOS DE LABRANZA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL DE TEMPORAL.                                  | 50     |
| Capítulo 5  | EL SISTEMA AQUEEL PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN FRIJOL DE TEMPORAL.  | 66     |
| Capítulo 6  | LAS VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL DE TEMPORAL PARA EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ.  | 81     |
| Capítulo 7  | RESPUESTA DEL FRIJOL A LA SEQUÍA.   | 96     |
| Capítulo 8  | LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DEL FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO SEMIARIDO DE AGUASCALIENTES.   | 112    |
| Capítulo 9  | BIOFERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE FRIJOL EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.   | 131    |
| Capítulo 10 | MANEJO DE MALEZA EN FRIJOL.   | 148    |
| Capítulo 11 | BIOLOGÍA, HÁBITOS Y MANEJO DE INSECTOS PLAGA DEL FRIJOL ALMACENADO.   | 171    |
| Capítulo 12 | CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN DURANGO.  | 190    |

# *Capítulo 1*

## **PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO: UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO**

**Ernesto Martínez Meza<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

El cultivo de frijol en el altiplano de México es importante por la superficie sembrada y por su contribución a la dieta de la población; sin embargo, existen factores desfavorables que limitan el rendimiento y calidad del grano. La incorporación del enfoque agroecológico al esquema productivo es una estrategia para hacer la actividad agrícola más sustentable. El agroecosistema es un ecosistema “domesticado”, intermedio entre ecosistemas naturales y ecosistemas artificiales, donde los procesos ecológicos y las alteraciones que ocurren en éste, pueden ser manipulados para mejorar la producción y disminuir los impactos ambientales negativos. La estrategia integra prácticas convencionales que tienen efectos positivos con elementos innovadores que mejoran el sistema, tales como prácticas de conservación del suelo, captación de agua de lluvia y uso de semillas mejoradas, a fin de recuperar en el mediano y largo plazo la productividad del frijol en la región semiárida del altiplano.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El cultivo de frijol en la región semiárida del altiplano de México es de importancia socio-económica tanto por la superficie sembrada como por su contribución a la dieta de la población. No obstante, existe una serie de factores que lo limitan entre otros: a) las condiciones climáticas desfavorables caracterizadas por la escasa precipitación e irregular distribución durante el ciclo de cultivo; b) las condiciones de los suelos, que son poco profundos con baja retención de humedad, pobres en contenido de materia orgánica; c) degradación del suelo por las prácticas agrícolas convencionales de preparación y manejo; y, d) utilización de variedades inadecuadas que limitan el incremento en el rendimiento y calidad del cultivo.

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP hasta diciembre de 2007.

Para mejorar la productividad del cultivo en la región semiárida se requiere la aplicación y adopción de una estrategia de producción integral en la que se incorporen los diferentes componentes tecnológicos y métodos generados por la investigación agrícola relacionados a la disminución de los riesgos climáticos, la estabilización productiva y el aprovechamiento sustentable de los recursos dentro de un ambiente biofísico desfavorable.

## **2. EL ECOSISTEMA Y LA AGRICULTURA**

Un ecosistema se define como una unidad funcional básica, de un área determinada, en la que confluye una comunidad de seres vivos y su medio físico (Odum, 1971). Se considera la unidad funcional básica, porque incluye tanto a los organismos como a su ambiente abiótico, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro.

Para el surgimiento y desarrollo de los sistemas agrícolas, el hombre ha tenido la necesidad de manipular los ecosistemas naturales (Granados y López, 1996). Algunos autores, sugieren que la agricultura probablemente se haya iniciado en ecosistemas generalizados que permitían el uso de una amplia variedad de plantas y animales, que propició su domesticación.

Esta metodología corresponde a sistemas agrícolas tradicionales, en donde la productividad neta, aún se considera como alta, y la cual resulta ser más eficiente ya que al integrar varias posibilidades de mejoramiento a la vez, se aumenta la probabilidad de obtención de cosechas no obstante que se presenten condiciones drásticas restrictivas. En contraste, la transformación de ecosistemas generalizados a artificial-especializados es distintivo de los sistemas agrícolas modernos, en donde la diversidad se restringe a los elementos que se van seleccionando durante el proceso cuya tendencia es hacia su reducción (Yodzis, 1980).



### 3. AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El desarrollo agrícola, en general, se ha hecho sin considerar los efectos en el ambiente. De igual manera, los esfuerzos por conservar la biodiversidad y proteger las cuencas hidrográficas y otros servicios clave del ecosistema se han caracterizado en el establecimiento de zonas protegidas que excluyen la agricultura en forma total. Las evidencias han mostrado que esta separación entre la agricultura y la conservación del medio, es inviable en la mayoría de las regiones del mundo (Vandermeer, 1981).

Al menos la mitad de los ecosistemas de bosques tropicales, subtropicales y templados del mundo están dominados por la producción de cultivos y pastos, la mayor parte de ellos en sistemas de baja producción. Un porcentaje alto de la superficie de las zonas que han sido reservadas para conservar la flora y la fauna silvestre y los ecosistemas es utilizada para la agricultura; así como, fragmentos de muchas otras áreas inmersas en terrenos ocupados por granjas, pastizales y bosque de producción, que son manejados de maneras incompatibles con la supervivencia, a largo plazo, de las especies y el ecosistema (Gianella-Strems *et al.*, 2005).

Se estima que la demanda mundial de alimentos y fibras se incrementará en al menos 50%, en las próximas décadas; probablemente el porcentaje será mayor en los países en vías de desarrollo. Por lo tanto, se espera que la presión ejercida sobre las tierras agrícolas siga en aumento.

Aproximadamente 40% del área total de la tierra está ya utilizada para la agricultura, y queda muy poca tierra con potencial para la producción de cultivos. Más aún, la productividad de muchas tierras agrícolas va disminuyendo sustancialmente, y, cada año, de cinco a diez millones de hectáreas de tierras arables dejan de producir como

consecuencia de los factores climáticos así como por la degradación del suelo (Imhoff, 2003).

La idea de integrar la agricultura y la conservación está estrechamente relacionada al movimiento ambientalista norteamericano. En 1939, para definir la “agricultura biótica” el ecólogo Aldo Leopold mencionó que: “Una buena granja debe ser aquella donde la flora y fauna silvestres han perdido acres de terreno pero han seguido existiendo” (Imhoff y Baumgartner, 2005).

Desde 1990, un número cada vez mayor de productores, administradores, agencias del gobierno y consumidores en los Estados Unidos se han dado cuenta que las tierras de cultivo no deben ser vistas únicamente como unidades de producción, sino como hábitats cruciales para las especies silvestres. Integrar los hábitats naturales y las zonas agrícolas aporta una serie de beneficios tales como: el incremento de los organismos del suelo que crean mejores condiciones de fertilidad, la estabilización y mantenimiento de las escorrentías que previenen la erosión y protegen la calidad del agua y el aumento de polinizadores e insectos benéficos que contribuye a una mayor producción y al control de las plagas (Jackson y Jackson, 2002).

De acuerdo con McNelly y Scherr (2003), el manejo integral del los ecosistemas o el paisaje para la producción agrícola y la protección de la biodiversidad, propicia un enfoque a largo plazo que permite asegurar los medios de vida de los pobladores, y es al mismo tiempo, una manera rentable de abordar la conservación de los recursos naturales. Los sistemas agrícolas saludables apoyan las funciones del ecosistema y contribuyen de manera positiva a la salud del ambiente circundante.

## 4. AGROECOLOGÍA Y AGROECOSISTEMAS

Agroecología, es un término que surge en la década de los setentas y se define como la “ecología de los sistemas agrícolas” (Gliessman, 1990); busca construir los fundamentos y métodos científicos de una agricultura alternativa (Altieri 1987, 1995, 1997), empeñada en aplicar los principios de la ciencia ecológica al diseño y manejo de sistemas agrícolas sustentables (Gliessman, 1998, 2002).

La idea principal que lo fundamenta, desde la perspectiva de las ciencias agrícolas, es que un campo de cultivo es visto como una particular clase de ecosistema, un “agroecosistema”, en el cual, los procesos ecológicos y las alteraciones que ocurren en éste, como consecuencia de su explotación, pueden ser manipuladas para mejorar la producción, disminuir los impactos ambientales negativos y hacer más sustentable el sistema de producción. Es decir, adaptar los sistemas de cultivo a las características específicas del clima o de las necesidades de las especies en peligro de extinción (Way, 1979; Gliessman, 1990).

El agroecosistema es una unidad compuesta por el complejo de todos los organismos de un área agrícola, junto a todo el ambiente físico externo condicionado por las actividades agropecuarias, industriales y sociales del hombre. El agroecosistema es un ecosistema domesticado, intermedio entre ecosistemas naturales y ecosistemas artificiales desarrollados por el hombre (Mackinnon, 1975; Loucks, 1977; Cox y Atkins, 1979; Hart, 1979; Conway, 1981; Altieri *et al.*, 1983; Lowrance *et al.*, 1984).

Las diferencias entre agroecosistemas y sistemas naturales son:

- La energía que ayuda a la productividad proviene de la labor humana o animal más que de la energía natural.
- Hay disminución en la diversidad por el manejo humano, encaminado a maximizar la producción de alimentos específicos y otros productos.

- Los animales y plantas dominantes están bajo selección artificial en vez de natural.
- Los propósitos u objetivos están orientados por un control externo.

La incorporación del enfoque de agroecosistema al esquema productivo es una estrategia cuya meta es hacer la actividad agrícola más sustentable tanto económica como ecológicamente. En esta estrategia no se considera únicamente sustituir un grupo de prácticas, método o sistema de producción por algo distinto, sino de hacer eficiente algunas de la ya existentes e introducir algunas otras. De hecho, muchos de los componentes agroecológicos de los sistemas agrícolas alternativos han sido derivados de las prácticas agronómicas convencionales. La estrategia no rechaza las prácticas que tienen efectos positivos sino, más bien, incorpora algunos elementos tecnológicos innovadores que mejoran el sistema productivo. Es decir, trata de integrar o recurre a reproducir aquellas interacciones benéficas que ocurren de manera natural (Padilla *et al.*, 2006).

Por lo anterior, el manejo de cualquier sistema agroecológico de producción de alimentos y/o fibras o agroecosistema deberá estar más en función de los ciclos naturales y de las interacciones biológicas y considerar en forma sistemática lo siguiente:

- El incremento del uso productivo del potencial biológico y genético de las especies vegetales.
- La producción eficiente y redituable basada en un manejo apropiado del suelo y agua.
- La incorporación o asociación más detallada de los procesos naturales tales como los patrones de lluvia, los ciclos de los nutrientes y la fijación del nitrógeno dentro del proceso de producción agrícola.

- La optimización de los patrones y potencial productivo de los cultivos en función de las limitaciones físico-biológicas de los agroecosistemas para asegurar la sustentabilidad a largo plazo con niveles adecuados de producción.
- La reducción en el uso de insumos potencialmente más dañinos para el medio ambiente o la salud de los productores y consumidores.

Esta búsqueda de sistemas sustentables hace de la agroecología una disciplina de síntesis donde convergen elementos de la agronomía, la ecología, la economía y la sociología. Asimismo, la agroecología contempla también el reconocimiento y valoración de las experiencias de los productores locales. Por lo anterior, y a diferencia de lo que ocurre en la agricultura convencional donde los productores son considerados recipientes pasivos de los conocimientos provenientes de la investigación, la agroecología reconoce, como objetivo fundamental, la participación activa de los productores “y sus saberes” en el proceso de investigación (Toledo, 2005).

Sustentados en el concepto de “agroecología” han surgido diversos sistemas de producción como: agricultura orgánica, agricultura biológica, agricultura de conservación, cultivos múltiples, agroforestales, agricultura protegida, entre otros. Cada sistema se ha desarrollado para resolver los problemas que limitan la producción en cada región de acuerdo a sus circunstancias particulares.

## **5. SISTEMA CONVENCIONAL vs AGROECOLÓGICO**

Con el fin de contrastar los componentes de un sistema de producción agrícola de temporal convencional con respecto a uno sustentado bajo un criterio agroecológico, en el Cuadro 1, se muestran los componentes y las características generales de cada uno.

El uso de semilla “criolla” (no mejorada) con bajo potencial genético, con susceptibilidad a plagas y enfermedades y baja tolerancia a

sequía es un rasgo común en los sistemas de producción convencional de temporal mientras que un sistema con criterio agroecológico deberá utilizar semilla de variedades mejoradas, con buen potencial de rendimiento, resistente a plagas y enfermedades, y tolerantes a la sequía y las heladas.

Cuadro 1. Componentes y características generales de un sistema de producción agrícola convencional y uno agroecológico.

| Componente            | Sistema Agricultura Convencional            |  |   | Sistema Agroecológico                                |                                      |  |
|-----------------------|---|--|---|--|--------------------------------------|--|
|                       | Método                                      | Implemento                                   | Efecto  | Método   | Implemento                           | Efecto   |
| Preparación del suelo | Labranza convencional                       | 1. arado de vertedera.<br>2.rastra de discos | Negativo: induce a la pérdida de suelo por erosión      | Labranza de conservación                             | multiarado                           | Positivo: rotura el suelo sin invertirlo<br>+ infiltración<br>- escorrentía<br>- costo prep. |
| Conservación de Agua  | No  | No   | No  | Captación "in situ"                                  | aqueel                               | Positivo:<br>+ captación<br>+ infiltración   |
| Labranza Secundaria   | convencional                                | Cultivadora                                  | No evita el escurrimiento superficial                   | Adiciona pileteo                                     | pileteadora                          | Positivo:<br>+captación<br>-escurrim.  |
| Fertilización         | Convencional al suelo                       | Mateado manual.<br>Mecánica en hilera        | Baja respuesta si no hay suficiente humedad en el suelo | M. orgánica.<br>Líquida foliar, urea ácido fosfórico | Aplicación en solución con aspersora | Positivo<br>+rendimiento   |
| Control de plagas     | Utilización plaguicidas tóxicos. No control | Convencional                                 | Negativo: afecta el medio ambiente y a los humanos      | Control biológico.<br>Derivados orgánicos            | Diversos.                            | Positivo para el medio ambiente.<br>+ costos   |

## 6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El incorporar prácticas y componentes agroecológicos de conservación de suelo y agua en combinación con semillas mejoradas puede ser una estrategia viable para recuperar a mediano y largo plazo la productividad del cultivo de frijol en la región semiárida del altiplano de México.

## 7. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A., 1987. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Rev. ed. Boulder, CO: Westview Press.
- Altieri, M. A., 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview press 2nd Edition.
- Altieri, M. A. 1997. *Agroecología: bases teóricas para una agricultura sustentable*. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES), Centro de Investigación y Desarrollo (CIED) y Secretariado Rural Perú-Bolivia. 2a edición.
- Altieri, M.A., D.K. Letourneau, and J.R. Davis. 1983. Developing sustainable agroecosystems. *BioScience*. 3(1): 45-49.
- Conway, G.1981. What is an agroecosystem and why is it worthy of study? . The workshop on Human/Agroecosystem interactions. PESAM/ EAPI. Philippines: Los Baños College, Laguna.
- Cox, G.W., and M.D. Atkins, 1979. *Agricultural Ecology*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Granados, D.S. y G.F. López R. 1996. *Agroecología*. Universidad Autónoma de Chapingo. 420 p.
- Gliessman, S. R. 1990. (ed) *Agroecology. Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer Verlag. New York.
- Gliessman, S. R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press. U.S.A.
- Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) Costa Rica.

- Gianella-Strems, T., J. Chavez., C. Maza. 2005 (ed). Ecoagricultura: cultivando con la Naturaleza. LEISA. Revista de Agoecología. Vol: 20 No 4.
- Hart, R. D. 1979. Agroecosistemas: Conceptos Básicos. Turrialba Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Imhoff, D. 2003. Farming with the wild: enhancing biodiversity on farms and ranches. San Francisco, Sierra Club Books/Watershed Media.
- Imhoff, D., J.O. Baumgartner. 2005. Haciendo agricultura con la naturaleza. In: LEISA. Revista de Agoecología. Vol: 20 No 4. p: 8-11.
- Jackson, D. and L. Jackson. 2002. The farm as natural habitat reconnecting food systems with ecosystems. Washington, DC, Island Press.
- Loucks. O. L. 1977. Emergence of research on agroecosystems. Ann. Rev. Ecol. and Sys. 8: 173-192.
- Lawrence, R., B. R. Stinner, and G. S. House. 1984. Agricultural Ecosystems. New York : Wiley Interscience.
- Mackinnon, J. C. 1975. Design and management of farms as agricultural ecosystems. Agro-Ecosystems 2: 227-291.
- Mc Neely, J. A. and Scherr. 2003. Ecoagriculture: strategies to feed the world and save biodiversity. Future Harvest and IUCN. Washington, DC. Island Press. 323 pp.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. Philadelphia: W.B. Saunders Co.
- Padilla R. J. S., E. Martínez Meza, J. A. Acosta Gallegos. 2006. Adecuación y Transferencia de Componentes y Formulas Integrales para la Producción de Frijol de Temporal en la Región del Altiplano. Módulos demostrativos en “El Llano”, Aguascalientes. Informe de Resultados 2005. Proyecto 175 SAGARPA-CONACYT-COFUPRO (PRECI-6055905 A).
- Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. In: LEISA. Revista de Agoecología. Vol: 20 No 4. p:16-19.
- Vandermeer, J. 1981. The interference production principle: An ecological theory for agricultura. BioScience. 31: 361-364.
- Way, M. J. 1979. Significance of Diversity in Agroecosystems. Washington, DC.: IX International Congress of Plant Protection.
- Yodzis, P. 1980. The connections of real ecosystems. Nature. 284: 544-5.



## *Capítulo 2*

# **POTENCIAL PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRIJOL EN SAN LUIS POTOSI**

**C. Loredo Osti<sup>1</sup>, y G. Medina García<sup>2</sup>**

### **RESUMEN**

El estado de San Luis Potosí las condiciones agroclimáticas varían desde el árido (clima seco semicálido), localizado en el Altiplano Norte, hasta el trópico húmedo semicálido localizado en el sur de la Huasteca potosina. Esto origina una gran diversidad de cultivos, donde la producción agrícola no tiene un comportamiento estable a través de los años, debido a la variabilidad que se registra en humedad, temperatura, tipo de suelo y condiciones del terreno. Para reducir los riesgos de pérdida y tener rendimientos más altos, los cultivos se deben sembrar en las condiciones más favorables, es decir, las áreas con mayor potencial y con la mejor tecnología de producción. Con el fin de determinar el potencial productivo para el cultivo de frijol en San Luis Potosí, el INIFAP realizó lo siguiente: a) se investigaron los requerimientos agroclimáticos del cultivo; b) se obtuvo y generó información del medio físico con la cartografía de INEGI (carta edafológica escala 1:250,000; modelo de elevación digital escala 1:250000) y datos de clima considerando una base de datos de 132 estaciones meteorológicas; c) se definieron las áreas con potencial para el cultivo de acuerdo a la información de clima (temperatura y precipitación), topografía (altitud y pendiente) y suelos (profundidad, tipo y textura). Para la obtención de estas áreas se realizó un análisis multicriterio utilizando álgebra de mapas. En este capítulo se presentan los resultados de ese estudio.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El Estado de San Luis Potosí está ubicado en la parte Centro Oriente del país y se localiza entre los paralelos 21° 09' 35" y 24° 33' 25" de latitud norte y los meridianos 98° 10' 40" y 102° 17' 30" Longitud Oeste. La superficie estatal es 6'284,800 hectáreas, de las cuales 1'171,346 están abiertas al cultivo. En promedio se siembran anualmente 828,524 ha, de las cuales 83% es de temporal y 17% es de riego. En el estado existe diversidad topográfica y orográfica, con altitudes que varían de 50 a 2,400 msnm, originando gran variedad de climas, suelos y vegetación.

---

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP; loredo.catarina@inifap.gob.mx

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP.

La producción agrícola no tiene un comportamiento estable a través de los años, debido a la variabilidad que se registra en humedad, temperatura, tipo de suelo y condiciones del terreno. Para reducir los riesgos de pérdidas y tener rendimientos altos, los cultivos se deben sembrar en las condiciones más favorables, es decir, las áreas con mayor potencial y con la mejor tecnología de producción.

El conocimiento del potencial productivo de los cultivos permite aprovechar mejor las condiciones agroclimáticas para el desarrollo de actividades agropecuarias, a fin de lograr mayor éxito en la producción de cultivos. Favorece la toma de decisiones para el establecimiento de cultivos y variedades adecuadas a cada región (Medina *et al.*, 1997). Sin embargo, para tener éxito en el cultivo del frijol, además del potencial productivo, es importante considerar la demanda del mercado (precio del producto), la tecnología tradicional de producción utilizada por los productores y la posibilidad de adopción de las tecnologías disponibles (Loredo, 2006a).

De octubre de 2004 a diciembre de 2005 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló el proyecto “Potencial productivo para la producción de cultivos en San Luis Potosí”, con financiamiento de la Fundación Produce de San Luis Potosí, A.C. El objetivo del proyecto fue obtener mapas de potencial productivo para los cultivos de maíz, frijol, caña de azúcar, pasto buffel, avena y sorgo en el estado de San Luis Potosí (Loredo, 2006).

El objetivo general de este capítulo es presentar los resultados de la aplicación de los sistemas de información geográfica, que permitieron generar mapas que muestren las zonas con potencial productivo para frijol, a fin de ubicar las zonas con mejor capacidad de producción y contar con bases para la planeación y la toma de decisiones tendientes al mejoramiento del sistema de producción en beneficio de los productores.

También se presenta el paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para el cultivo del frijol de temporal en San Luis Potosí.

## **2. ANTECEDENTES**

El frijol pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae) y al género *Phaseolus*. Es originario de América, sin embargo, México y Guatemala son el principal centro de diversificación primaria de varios tipos de frijoles (Miranda, 1978; Ruiz *et al.*, 1999); el que más destaca por su valor comercial es *el P. vulgaris*. Existen antecedentes de que esta planta se cultiva desde hace aproximadamente 8 mil años (SAGARPA, 2004).

El estado de San Luis Potosí ocupa el octavo lugar nacional en la producción de frijol con una participación promedio de 4% del volumen nacional. A nivel estatal este cultivo ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada y el séptimo en superficie cosechada. La mayor parte de las siembras son de temporal (90%), con un alto porcentaje de siniestralidad (38%), cifras que definen un bajo potencial para la producción de frijol en la entidad.

## **3. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL FRIJOL**

El cultivo de frijol se distribuye de 50° latitud norte a 45° latitud sur. Se adapta a regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas (González, 1984), así como zonas subhúmedas. Se le encuentra desde 0 a 2400 msnm (Crispín y Miranda, 1978). Requiere días cortos; los días largos tienden a demorar la floración y madurez; cada hora más de luz en el día puede retardar la maduración en 2 o 6 días (White, 1985); sin embargo, algunas variedades pueden ser indiferentes a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979).

El frijol se desarrolla bien de 15° a 27°C; bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas lo aceleran; temperaturas extremosas disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad; temperaturas de 5°C ó 40°C pueden provocar daños irreversibles (White,

1985). Este cultivo requiere de 300 a 500 mm de agua durante el período vegetativo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Los mejores suelos para el frijol son los de textura ligera como los franco-arenosos y los franco-arcillosos. Requiere de una profundidad mínima de 60 cm (INIFAP, 1994), sin embargo, puede prosperar en suelos delgados (FAO, 1994). Con relación al pH del suelo, el rango es de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5 (Ruiz *et al.*, 1999). Los suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento (White, 1985), porque desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso. En suelos con pH mayor de 8.2 se presenta toxicidad por sales y deficiencia de elementos menores (Schwartz y Gálvez, 1980). Requiere suelos libres de sales (Rodríguez y Maldonado, 1983). Tolerancia un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8-10% (Schwartz y Gálvez, 1980) y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente (Doorenbos y Kassam, 1979).

En el Cuadro 1 se presentan los requerimientos agroecológicos usados en la determinación del potencial productivo de frijol en San Luis Potosí. En esta determinación se excluyeron los litosoles; los cuales son suelos con profundidad menor a los 10 cm, limitados por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido, no aptos para uso agrícola (INEGI, 2004; Silva, 1981).

#### **4. SUPERFICIE CON POTENCIAL PRODUCTIVO PARA FRIJOL EN SAN LUIS POTOSI**

En condiciones de temporal, la superficie total potencial en el estado para frijol es de 1'384,613 hectáreas (Cuadro 3); esto es considerando solamente los requerimientos del cultivo de frijol. Sin embargo, de acuerdo a INEGI, (1995), la superficie del estado que se encuentra abierta al cultivo es de 1'171,346 ha.

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos del cultivo del frijol utilizados en la determinación del potencial productivo en San Luis Potosí.

| VARIABLE                           | POTENCIAL          |         |         |         |
|------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|
|                                    | ALTO               | MEDIO   | BAJO    | NO APTO |
| Temperatura media anual            | < 24°C             | < 24°C  | < 24°C  | >24 °C  |
| Índice P/T                         | Consultar Cuadro 2 |         |         |         |
| Pendiente (%)                      | 0 – 2              | 2 - 4   | 2 - 4   | > 4     |
| Profundidad del suelo              | Litoseles          |         |         |         |
| Conductividad eléctrica (mmhos/cm) | < 1                | 1 – 1.5 | 1.5 - 4 | >4      |

Fuente: Loredo *et al.*, 2006

Cuadro 2. Índice P/T (precipitación/evaporación) para cuatro niveles de productividad del frijol considerando P/T y la profundidad del suelo.

| PRODUCTIVIDAD DE FRIJOL DE TEMPORAL | INDICE P/T DE JULIO-SEP | PROFUNDIDAD DEL SUELO(m) |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Alta                                | 0.7-2.0                 | >0.5                     |
|                                     | 0.9-1.3                 | <0.5                     |
| Media                               | 0.5-0.7                 | >0.5                     |
|                                     | 0.7-2.0                 | <0.5                     |
| Baja                                | 0.35-0.5                | >0.5                     |
|                                     | 0.5-0.7                 | <0.5                     |
| No apto                             |                         | >0.5                     |
|                                     | <0.35                   | <0.5                     |

Cuadro 3. Superficie (hectáreas) con potencial para el cultivo de frijol en condiciones de temporal en San Luis Potosí considerando la superficie total y la superficie abierta al cultivo.

| CULTIVO DE FRIJOL             | NIVEL DE PRODUCTIVIDAD |         |         |
|-------------------------------|------------------------|---------|---------|
|                               | ALTO                   | MEDIO   | BAJO    |
| Superficie Total              | 75,746                 | 424,958 | 883,909 |
| Superficie Abierta al cultivo | 29,329                 | 177,216 | 325,163 |

Si consideramos la superficie abierta al cultivo en San Luis Potosí, el frijol tiene potencial para establecerse en 531,708 ha en el ciclo primavera-verano en condiciones de temporal. Las zonas de potencial alto y medio se ubican en la Zona Media y las de bajo potencial en el Altiplano (Figura 1). Los niveles de productividad y el rendimiento esperado se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Superficie con potencial para el cultivo de frijol de temporal ciclo P-V en tierras abiertas al cultivo en San Luis Potosí.

| NIVEL DE PRODUCTIVIDAD | SUPERFICIE (Ha) | PORCIENTO DE LA SUPERFICIE AGRICOLA ESTATAL (%) | RENDIMIENTO ESPERADO (ton/ha) |
|------------------------|-----------------|---|-------------------------------|
| ALTO                   | 29,328          | 2.5 %   | 1.0 - 1.5                     |
| MEDIO                  | 177,216         | 15.1 %  | 0.7 - 1.0                     |
| BAJO                   | 325,163         | 27.8 %  | 0.4 - 0.7                     |
| TOTAL                  | 531,707         | 45.40%  |                               |

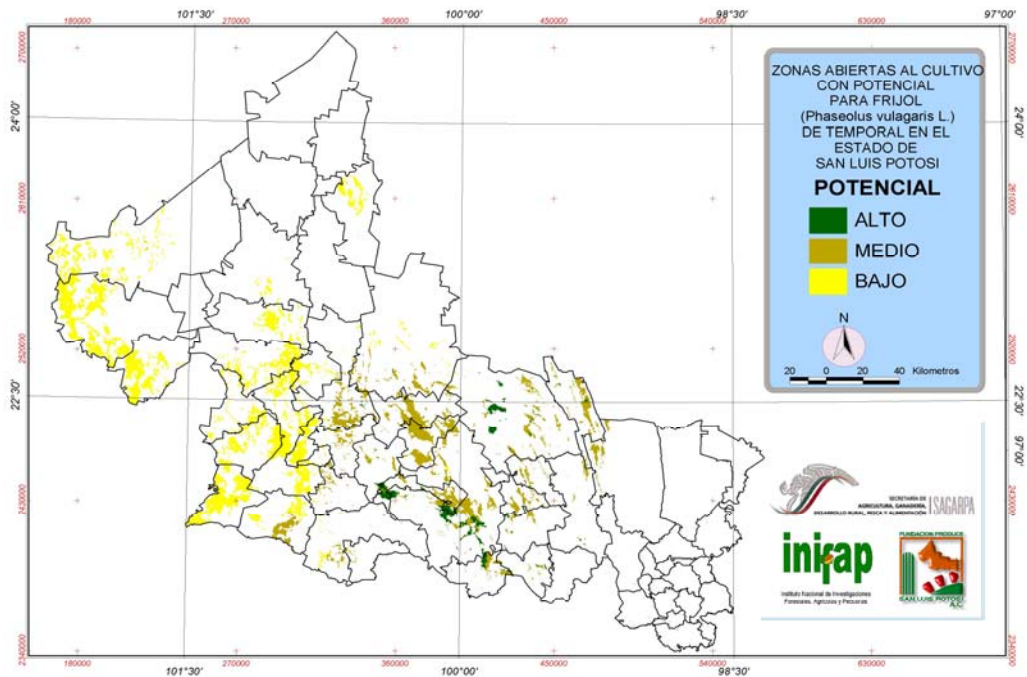


Figura 1. Zonas con potencial para el cultivo de frijol ciclo P-V en tierras abiertas al cultivo del estado de San Luis Potosí.

## 5. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO

La información que se presenta a continuación es para el cultivo de frijol en el ciclo primavera-verano, para condiciones de temporal y para un potencial de producción alto, medio y bajo.

## 5.1. Preparación del terreno

Muchos de los problemas de erosión y degradación del suelo en las tierras agrícolas, son atribuidos a prácticas de labranza deficientes, especialmente en la preparación del terreno para la siembra. El efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende del tipo de implementos y de la intensidad y forma en que éstos sean usados. En muchas ocasiones el efecto benéfico se nulifica por su uso intenso o por una época inadecuada para su utilización (Loredo y Beltrán, 2005).

Becerra (1990), indica que el exceso de labranza y el realizar el laboreo con humedad inadecuada ocasionan la rotura de los agregados, favoreciendo la formación de costras. A su vez, la utilización de equipos inadecuados y pesados y el paso de la maquinaria sobre el suelo cuando éste presenta consistencia plástica, lleva al surgimiento de capas compactadas subsuperficiales, normalmente situadas entre 10 y 30 cm de profundidad y con un espesor de 10 a 15 cm. Esas capas ofrecen fuerte resistencia a la penetración de las raíces de las plantas y restringen la capacidad de infiltración de agua y la aireación del suelo. A continuación se describen las acciones de preparación del suelo con un enfoque de agricultura de conservación y captación de agua de lluvia.

**Multiarado.** Esta práctica tiene como función romper el suelo sin voltear la capa arable que varía de 20 a 30 cm, facilitar la penetración de las raíces, favorecer el aprovechamiento y retención de humedad, además de permitir una mejor ventilación del suelo. Esta labor se realiza con un cincel modificado con punta de arado ranchero y aletas cortadoras tipo “V” que permiten trozar las raíces. La época más adecuada para realizar esta práctica, es después de la cosecha para aprovechar la humedad del suelo. Debe seguirse el sentido de los surcos del ciclo anterior, para que el agua se infiltre directamente a la zona de raíces. El costo de preparación del suelo se reduce en un 50% en comparación con el barbecho. (Martínez, 2005 y Espinosa *et al.*, 2006).



**Rastro.** Se hace con el objeto de desbaratar los terrones dejados por el Multirado, con la finalidad de obtener una “cama” que facilite la germinación de las semillas y retenga humedad por más tiempo. Esta labor se realiza cuando la humedad sea adecuada para la siembra y controlar la primera generación de malezas y arropar la humedad del suelo.

**Rodillo Aqueel.** Su fin es formar pequeños hoyos sobre la superficie del terreno de manera uniforme para la captación del agua de lluvia, con una herramienta que forma huellas en el suelo sin causar compactación durante su uso. Con esto se logra una buena distribución de la humedad en el suelo. Esta práctica se debe efectuar al momento de la siembra y consiste en acoplar en la parte trasera de la sembradora un rodillo Aqueel formado por “ruedas dentadas”, lo que permite combinar el Aqueel con la siembra de frijol.

## **5.2. Indicaciones para la siembra y variedades recomendadas**

Por la corta duración de la estación de crecimiento y los largos períodos de sequía con que cuenta la zona frijolera del Altiplano semiárido del norte centro, se recomienda utilizar variedades mejoradas de frijol con una duración del ciclo de cultivo entre 80 y 90 días y un rendimiento promedio de 0.75 ton ha<sup>-1</sup>.

Con base en evaluaciones realizadas en varios Campos Experimentales de la región del Altiplano (Valle de Guadiana, Dgo; Celaya, Gto; Pabellon, Ags; San Luís Potosí y Calera, Zac.) las variedades recomendadas son: Flor de Mayo Bajío, Flor de Mayo Sol, Pinto Villa, Pinto Bayacora, Pinto Zapata, Pinto Mestizo, Pinto Saltillo y Azufrado Tapatío.

**Flor de Mayo Bajío.** La planta es de habito indeterminado semierecto, madura a los 85 días, su color del grano es rosado con fondo beige. El tamaño del grano es mediano con un peso promedio de 28

gramos en 100 semillas. Esta variedad es resistente a roya y tolerante a bacteriosis.

**Flor de Mayo Sol.** Presenta características muy similares al anterior, madura a los 88 días, su grano es de tipo flor de mayo y es tolerante a roya y susceptible a bacteriosis.

**Pinto Villa.** La planta es de guía corta, madura a los 80 días después de la siembra. El grano es crema con manchas cafés. Esta variedad es tolerante a las enfermedades comunes en la región.

**Pinto Bayacora.** La planta es de porte erecto de guía corta, madura a los 85 días, su grano es de tipo pinto. El tamaño del grano es mediano con un peso promedio de 37 gramos en 100 semillas. El fondo claro lo hace atractivo para el consumidor. Esta variedad es tolerante a la sequía y es resistente a la antracnosis y a roya.

**Pinto Zapata.** La planta es de hábito indeterminado de guía corta, madura a los 86 días, su color del grano es crema moteado de café. El tamaño del grano es mediano con un peso promedio de 36 gramos en 100 semillas. Es resistente a roya y tolerante a bacteriosis.

**Pinto Mestizo.** Es una variedad de hábito indeterminado de guía corta, madura a los 87 días, su grano es de tipo pinto. El tamaño del grano es mediano con un peso promedio de 35 gramos en 100 semillas. Es tolerante a roya y a bacteriosis.

**Pinto Saltillo.** Es una variedad de hábito indeterminado postrado, madura a los 90 días, su color del grano es crema moteado de café. El tamaño del grano es mediano con un peso promedio de 30 gramos en 100 semillas. Es resistente a la antracnosis y tolerante al tizón común.

**Azufrado Tapatío.** Es del tipo amarillo azufrado y el grano es de tamaño mediano con un peso promedio de 35 gramos en 100 semillas. Madura a los 90 días. Es tolerante a roya y a bacteriosis.

### **5.3 Epoca de siembra**

La siembra se inicia cuando se establecen las lluvias; lo cual generalmente ocurre a fines de junio; en caso de que el temporal se retrase hasta julio, la siembra se puede prolongar hasta el 25 de ese mes, ya que si se hace después se expone a las heladas tempranas.

### **5.4 Método y densidad de siembra**

Se hacen surcos a una distancia de 76 u 80 cm, la semilla se deposita a 5 cm de profundidad, con una separación entre ellas de 10 a 12 cm. La densidad de siembra equivale a la cantidad de semilla que se utiliza por hectárea. Se debe entender que se trata siempre de semilla limpia y de alta calidad, con un poder mínimo de germinación del 85%. Se usan de 40 a 45 kg ha<sup>-1</sup> de semilla para las variedades tipo pinto y flor de mayo por ser granos medianos. Con esta cantidad se obtiene una densidad aproximada de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **5.5 Labores de cultivo**

Escarda. Esta labor tiene la función de eliminar las malas hierbas presentes en el cultivo, remueve la costra superficial del suelo y arrima tierra a las plantas. Con ellas se ayuda a la oxigenación del suelo, se facilita la infiltración del agua y se conserva mejor la humedad.

Conviene mantener el frijol limpio de malezas, principalmente durante los primeros 40 días. Para lograr lo anterior, se realizan dos escardas: la primera a los 25 días después de la emergencia de las plantas de frijol y la segunda a los 20 días después de la primera; utilizándose generalmente una cultivadora de tracción animal o mecánica para hacer las dos labores. Por otra parte, además de controlar las malezas, es necesario conservar y retener la máxima cantidad de agua para el uso del cultivo, ya que la limitante más drástica en la producción del frijol de

temporal en el Altiplano es la sequía. Para ello se recomienda implementar la práctica conocida como “pileteo”.

Pileteo. Consiste en levantar bordos de tierra de aproximadamente 20 cm de alto entre los surcos del cultivo de frijol cada 2 o 3 metros. Esta práctica sirve para retener el agua de lluvia con el fin de que quede disponible para las plantas por más tiempo, infiltrándose en el suelo antes de que escurra o se evapore. Se recomienda realizar durante la primera y segunda escarda, ya que es una herramienta que se adapta fácilmente a la cultivadora de 2, 3 y 4 surcos, lo que permite acoplar el pileteo con la cultivadora para escardar y piletear al mismo tiempo.

## **5.6 Métodos de aplicación de fertilizantes**

La forma de aplicación de un fertilizante implica su adecuada colocación, de tal manera que el cultivo lo pueda aprovechar eficientemente y se evite el daño por “efecto salino” a la semilla o a la plántula y disminuyan las posibilidades de pérdidas por evaporación, lavado y arrastre.

Aplicación de fertilizantes al suelo. El frijol de temporal se fertiliza con 200 kg de “sal” (sulfato de amonio) más 200 kg de “tierra” (súper fosfato de calcio simple) aplicados al momento de la siembra o bien durante la primera escarda. La aplicación se hace en banda, a un costado del surco, a 15 cm de profundidad y a 10 cm de distancia de la línea de siembra, de esta forma se evita el contacto entre el fertilizante y la semilla y no se queman estas.

Aplicación foliar de fertilizantes. Es una forma de fertilizar al frijol de temporal que se recomienda para aportar nitrógeno y fósforo cuando el cultivo se encuentra en floración y llenado de vaina, favorece su buen desarrollo y mejora el rendimiento y la calidad del grano. La fertilización foliar no desplaza a la fertilización tradicional del cultivo, pero sí es una práctica que sirve de apoyo para aplicar cantidades pequeñas de

fertilizantes al cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo.

En esta práctica se recomienda utilizar urea al 2% y ácido fosfórico al 1%. El fertilizante se prepara disolviendo 12 kilogramos de urea y 6 litros de ácido fosfórico en 600 litros de agua, más 250 mililitros de adherente. La solución aplicada a las hojas equivale a 5.5 kilogramos y 4.2 litros por hectárea de nitrógeno y fósforo en total.

La etapa más adecuada para realizar esta práctica, es a los 35 y 55 días después de la siembra (floración o llenado de vaina), debe procurarse que el suelo este húmedo para que el cultivo no presente marchitez o sequía. Esto se logra después de que se presenta una lluvia de 20 a 25 mm.

Al efectuar dos aplicaciones foliares, se utilizan 11 kilogramos y 8 litros por hectárea de nitrógeno y fósforo, los cuales son suficientes para un buen llenado de grano. Se recomienda aplicar entre 6:00 a 8:00 horas y de 17:00 a 19:00 horas del día, de preferencia cuando no soplen vientos fuertes o con lluvia, para evitar el lavado de la aplicación. Cabe señalar que la solución de los fertilizantes puede mezclarse con insecticidas y/o fungicidas y aplicarse todo al mismo tiempo.

## **5.7 Control de plagas**

En el Altiplano semiárido, la presencia de chicharrita y la mosquita blanca son las plagas más importantes en el cultivo de temporal. En algunos casos se observan otras plagas de menor importancia económica como conchuela y botijón.

Para su identificación en seguida se hace una breve descripción de cada una de ellas. En el Cuadro 1 se indica como controlar estas plagas y cuando es conveniente hacerlo.

**Chicharrita.** La chicharrita del frijol mide aproximadamente 3 mm de largo, es de color verde claro se alimenta de la savia de la planta atacada, donde se puede observar que salta con frecuencia cambia de lugar. En el frijol causa clorosis, la cual aparece en forma de puntos amarillos que en ocasiones cubren toda la hoja; el daño más grave característico se presenta en forma de quemaduras y enrollamiento de las hojas, así como achaparramiento y enanismo de las plantas.

**Mosquita blanca.** Esta mosquita mide aproximadamente 15 mm de largo posee cuatro alas anchas redondas que están cubiertas de una fina capa de polvillo blanco; en reposo, los insectos se asemejan al techo de una casa de “dos aguas”. La mosquita blanca deposita sus huevos en el envés de las hojas más tiernas, de las cuales posteriormente salen pequeñísimas larvas ovales y aplanadas. El control químico de los adultos es más fácil que el de las larvas, ya que generalmente se encuentran inmóviles en la base de las hojas succionando savia, como consecuencia del ataque, las hojas adquieren un aspecto clorótico y pueden llegar a secarse y caer, dependiendo del grado de infestación.

**Conchuela.** La conchuela del frijol es un insecto de cuerpo oval y convexo que mide aproximadamente 9 mm de largo, es de color café cobrizo y tiene 16 puntos negros en la cubierta de las alas. El daño que causa se aprecian claramente en las hojas de la planta, las cuales adquieren un aspecto característico de “descarnado”, donde quedan únicamente las nervaduras; cuando las poblaciones de esta plaga son abundantes, llegan a atacar las vainas y los tallos, con lo que aniquilan por completo a la planta.

**Botijón.** Estos insectos se observan e identifican a simple vista; miden aproximadamente 1.5 cm de largo por 0.5 de ancho, son de color gris y tienen la cabeza bien diferenciada del resto del cuerpo. Sus poblaciones son abundantes y se alimentan del frijol o de otros cultivos como chile, maíz, alfalfa y vid.

Cuadro 1. Control de plagas principales que atacan al frijol de temporal.

| Plaga           | Producto comercial  | Dosis ha <sup>-1</sup> | Epoca de aplicación   |
|-----------------|---------------------|------------------------|---|
| Chicharrita     | Dimetoato CE 80     | 0.75- 1.0 L            | Aplique el producto elegido cuando se encuentre un promedio de 6 chicharritas por hoja trifoliada   |
|                 | Ometoato LS 70      | 0.5 L                  |   |
|                 | Carbarilo PH 80     | 0.75 kg                |   |
| Conchuela       | Carbarilo PH 80     | 1.65 lbs               | Seleccione cualquiera de los productos y úselo cuando se encuentren los primeros adultos en el cultivo. Es importante localizar los manchones infestados para no hacer una aplicación total que resulta más costosa |
|                 | Ometoato LS 70      | 0.5 L                  |   |
|                 | Azinfos metil CE 20 | 1.5-2.5L               |   |
| Mosquita blanca | Carbarilo Ph 80     | 0.75 kg                | Aplique uno de los productos cuando se encuentre un promedio de 10 mosquitas por hoja trifoliada. Es común que esta plaga se presente junto con chicharrita o conchuela o con ambas                                 |
|                 | Diazinón CE 60      | 0.2-0.4L               |   |
|                 | Endosulfan CE 35    | 2.0-3.0L               |   |
|                 | Ometoato LS 70      | 0.5L                   |   |
|                 | Dimetoato CE 38     | 0.75-1.0L              |   |
| Botijón         | Carbarilo PH 80     | 0.75 kg                | Generalmente se presenta junto con algunas de las plagas anteriores   |

## 5.8 Enfermedades

Las enfermedades que se presentan en el Altiplano semiárido del norte-centro, con frijol de temporal son: roya, pudriciones de la raíz, cenicilla y antracnosis causadas por hongos y tizón común y tizón de halo causadas por bacterias. La descripción de sus síntomas, así como algunas prácticas que ayudan a su control y prevención se presentan en seguida.

**Roya del frijol.** En el Altiplano semiárido, esta enfermedad se presenta en siembras de temporal y en años de lluvias abundantes; los daños que provoca llegan a ser cuantiosos, por lo que se le considera como la enfermedad más importante de la parte aérea del frijol.

Agente causal. Esta enfermedad es ocasionada por un hongo y existen diferentes razas del patógeno.

Síntomas. Cuando la infección ocurre antes de la floración, las pérdidas pueden ser cuantiosas. Los síntomas se presentan como manchas cloróticas en las que se desarrollan pústulas de color café-rojizas, tanto en la parte de arriba como por debajo de las hojas; las pústulas pueden estar rodeadas por un halo clorótico, dependiendo de la raza del patógeno, de la variedad o de las condiciones ambientales. Cuando la infección es severa, puede haber defoliación prematura y de acuerdo al grado de infección, también se puede observar pústulas en las vainas.

Condiciones para su desarrollo. La enfermedad se desarrolla en forma óptima cuando la temperatura oscila entre 14 y 20 °C y la humedad relativa es superior al 90%. La diseminación de las esporas o semillas del hongo se realiza principalmente por la acción del viento.

Control. Para condiciones de temporal en el Altiplano, la única medida de control es la utilización de variedades tolerantes como las sugeridas en esta guía, ya que el control químico no es recomendable por su alto costo, a pesar de que es efectivo.

**Pudriciones radicales del frijol.** Este problema se ha incrementado en el Altiplano, en los últimos años.

Agente causal. Son diversos hongos del suelo los cuales causan esta enfermedad.

Síntomas. Las plantas afectadas por pudriciones radicales, inicialmente muestran un marchitamiento y amarillamiento de las hojas inferiores; al transcurso del tiempo estos síntomas se generalizan en toda la planta y finalmente el follaje se seca y las plantas adquieren una apariencia de “quemadas”. Cuando el ataque ocurre en plantas adultas, las vainas se marchitan y en muchas ocasiones no alcanzan a formar semillas, por lo que, su producción es nula. De acuerdo con el patógeno que causa



la pudrición, es posible observar manchas oscuras o un “estrangulamiento” y necrosis a la altura del cuello de la planta infectada.

Prevención. Para reducir los daños causados por la pudrición de la raíz es conveniente efectuar rotación de cultivos para disminuir la cantidad de inóculos en el suelo, evitar encharcamientos mediante siembras de terrenos drenados y nivelados, evitar dañar a las raíces al realizar las labores de cultivo para no propiciar la entrada de los patógenos y sembrar semilla desinfectada.

**Tizón comun del frijol.** En el Altiplano esta enfermedad prospera bajo condiciones de temporal.

Agente causal. El microorganismo que origina esta enfermedad es una bacteria.

Síntomas. La infección inicial aparece en forma de puntos acuosos por el envés de la lámina foliar; al aumentar de tamaño, adquieren forma irregular las lesiones pueden unirse y formar manchas de color café de tamaño considerable, las cuales están rodeadas por una franja estrecha de color amarillo. En las vainas se pueden presentar manchas indefinidas de color café, las cuales, cuando el ataque es severo, pueden ocasionar decoloración y daños en la semilla.

Condiciones para su desarrollo. La enfermedad prospera en forma óptima en regiones húmedas, con temperaturas de moderadas a altas.

Control. Se recomienda la rotación de cultivos, sembrar semilla libre de la bacteria utilizar variedades tolerantes.

### **Tizón de halo**

Agente causal. Esta enfermedad del frijol es causada por una bacteria.

Síntomas. Al inicio del ataque de la bacteria, aparecen en las hojas puntos pequeños de tono café, los cuales aumentan de tamaño conforme

progresa la infección; al rededor de éstos se forma un halo o corona amarillento. En ocasiones, la infección es sistemática y se presenta como marchitez o clorosis.

Si la enfermedad ataca cuando la planta ha alcanzado el periodo de floración, generalmente se pierde gran cantidad de flor, la “carga” disminuye, y consecuentemente se obtienen producciones bajas.

Prevención. Como una medida preventiva, es aconsejable utilizar semilla libre de este patógeno, dado que la bacteria se puede transmitir a través de ésta.

### **Cenicilla del frijol**

Agente causal. Esta enfermedad es propiciada por un hongo. Aun cuando la temperatura y la humedad moderadas favorecen la infección, este patógeno puede sobrevivir en una gama amplia de condiciones ambientales.

Síntomas. Los primeros síntomas aparecen en forma de manchas moteadas oscuras sobre la parte de arriba de las hojas, las cuales se van cubriendo de manchas blancas de apariencia polvosa que puede llegar a cubrir totalmente la planta, provocándole amarillamiento, deformación y envejecimiento prematuro.

Prevención. Entre las medidas de prevención se incluye la siembra de semilla no infectada por el hongo.

### **Antracnosis**

Agente causal. Es provocada por un hongo.

Síntomas. Su daño se localiza principalmente en las vainas, aunque ataca en general a todas las partes aéreas de la planta del frijol. En las vainas las lesiones varían de tamaño, desde pequeños puntos hasta manchas de un centímetro de diámetro, por lo cual se identifica fácilmente. La semilla dañada presenta partes “sumidas” de tamaño variable (de color

café o negro) las cuales hacen que disminuya la calidad y el rendimiento del frijol.

Condiciones para su desarrollo. El hongo causante de esta enfermedad requiere temperaturas de 17 a 18°C y alta humedad para su desarrollo óptimo.

Prevención. Para evitar la presencia de esta enfermedad es necesario usar semilla de variedades tolerantes.

## 6. COSECHA

Es necesario cosechar cuando alrededor del 80% de las vainas presenten un color “alimonado”; de esta manera se evitan pérdidas por desgrane en el campo. Para almacenar la cosecha, el grano debe tener de 12 a 14% de humedad. El almacenamiento debe hacerse en lugares secos y ventilados para evitar, en lo posible, daños por plagas y enfermedades.

## 7. LITERATURA CITADA

- Becerra M. A. 1990. Erosión de suelos. Apuntes de primera parte del curso “Conservación de suelos”. Ed. Departamento de suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. P 110.
- Bosque S. 1992. Sistemas de información geográfica: E. RIALP S.A. España. 451 pp
- Crispín M., A. y S. Miranda. 1978. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 541-552.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33. FAO. Roma. 212 p.
- Espinosa G., A. Loredo Osti C. M. A. Martínez Gamiño, L. Reyes Muro. 2006. Evaluación del impacto de la labranza de conservación en SLP. Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamps.
- ESRI: Environmental Systems Research Institute, Inc. 1996. ArcView GIS 3.2.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental require-ments database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

- González de C., M. 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México, 305 p.
- INEGI. 1995a. Conjunto de Datos Vectoriales. Edafología. Serie I, Escala 1:250000.
- INEGI. 1995b. Conjunto de Datos Vectoriales. Uso de suelo y vegetación. Serie II, Escala 1:250000.
- INEGI. 2001. Modelo de elevación digital. Escala 1:250000.
- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. México. 28 p.
- INIFAP. 2002. Tecnología de producción de frijol de temporal en el Altiplano de San Luis Potosí. 8 p.
- Lépiz I., R. 1983. Origen y descripción botánica. In: Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC. CAEVACU. C PIEAS. Culiacán, Sin., México. Pp 29.
- Loredo Osti C. 2006. Potencial productivo para la producción de cultivos en San Luis Potosí. Informe Final de Proyecto. INIFAP. CIRNE. CE San Luis. 16 p.
- Loredo Osti C. y S. Beltrán López. 2005. Prácticas Agronómicas y vegetativas. In: Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. Libro técnico No. 1 INIFAP. Pág. 39-73
- Martínez G., M.A. Agricultura de conservación. In: Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. Libro técnico No.1 INIFAP. Pág. 1-9
- Medina G., G., A. Rumayor R.; B. Cabañas C.; M. Luna F.; J. A. Ruiz C.; C. Gallegos V.; J. Madero T.; R. Gutiérrez S.; S. Rubio D. y A. G. Bravo L. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. Libro técnico No. 2. INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas, Calera de V.R., Zacatecas., México. 157 p.
- Miranda C., S. 1978. Mejoramiento genético del frijol en México. In: Producción de granos y forrajes. Editorial LIMUSA. México, D.F. pp 553-575.
- Rodríguez C. F. y D. J. Maldonado. 1983. Tecnología de producción. In: Frijol en el Noroeste de México. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU.CPIEAS. Culiacán, Sin., México. pp 71-98
- Ruiz Corral J.A., Medina García G., Ortiz Trejo C., Martínez Parra R., González Acuña I.J., Flores López H. E. y Byerly Murphy K. F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jal., Méx. 324 p.

- SAGARPA. 2004. Diagnóstico del Sistema Producto Frijol. Comité Estatal del Sistema Producto Frijol. 201. p
- Schwartz F., H. y E. G. Gálvez. 1980. Problemas de producción de frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT. Cali. Colombia 344 p.
- Zárate L., A. 1998. Memorias del Curso-Taller Introducción al uso y Manejo de Sistemas de Información Geográfica. Editado por SEMARNAP Delegación. Coahuila. Enero de 1998.

## *Capítulo 3*

# **LA PREPARACION DEL SUELO PARA PRODUCIR FRIJOL DE TEMPORAL CON UN ENFOQUE DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**M. A. Martínez-Gamiño<sup>1</sup>, E.S. Osuna-Ceja<sup>2</sup>, J.S. Padilla-Ramírez<sup>2</sup>  
y J. Acosta-Gallegos<sup>3</sup>**

## **RESUMEN**

La preparación del suelo para la producción de frijol en el Altiplano de San Luis Potosí es una práctica que se ha realizado sin evidencias científicas locales. El barbecho más rastra ha sido adoptado como una práctica universal en todo tipo de suelos, condición de humedad, clima y cultivo. La labranza tradicional debe ser reorientada hacia prácticas con un enfoque de agricultura de conservación en donde se conserven los recursos naturales suelo y agua, se mantengan o incrementen los actuales rendimientos pero con menor costo y se incremente el bienestar de los productores. Se presenta una alternativa en la preparación del suelo con el multiarado. Este método, en relación al barbecho, permite roturar el suelo sin invertir su perfil, conservar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, reducir 50% el tiempo y costo de preparar una hectárea. Se presentan, además, las ventajas y desventajas de la agricultura de conservación y del multiarado, así como recomendaciones para iniciarse en la agricultura de conservación.

## **1. INTRODUCCIÓN**

“La verdad es que nadie ha expuesto jamás una razón científica para arar”. Esta frase fue mencionada por Edward H. Faulkner en la década de los 40's, quién demostró que la erosión, el empobrecimiento de los suelos y la reducción en rendimiento son el resultado de prácticas inadecuadas en la preparación de la cama de siembra. Aseguró que al dejar los residuos del cultivo anterior en la superficie, en lugar de enviarlos al fondo del perfil invertido por el arado, y por efectos del intemperismo, se produciría la materia orgánica necesaria para el próximo cultivo (Faulkner,

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP. martinez@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Investigadores del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío-CIRNE-INIFAP.

1974). Paralelo al uso indiscriminado del barbecho y como una respuesta a una llamada de atención por parte de científicos visionarios en diferentes partes del mundo, se inició un movimiento con un enfoque de protección al ambiente, denominado Agricultura de Conservación (Abelson, 1995; Hamblin, 1995 y Jiménez y Lamo, 1998).

La labranza de conservación es una de las opciones más viables para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, así como del rendimiento de los cultivos (Phillips *et al.*, 1980 y Lal *et al.*, 1990) debido a que se protege al suelo de ser removido por el agua y el viento, reduciendo las pérdidas de nutrientes, además de incrementar la materia orgánica, velocidad de infiltración, flora y fauna del suelo, y retener mayor cantidad de agua aprovechable a las plantas (Figuroa, 1983, Mannering y Fenster, 1983 y Benites, 1992). Sin embargo, no se debe aceptar sin evidencias científicas locales como se hizo con el barbecho y rastreo (Braunack y Dexter, 1989, García-Osorio *et al.*, 2000 y Navarro *et al.*, 2000).

En el centro norte de México, tradicionalmente se ha recomendado el barbecho y uno o dos pasos de rastra para la preparación del terreno, sin considerar el tipo de suelo, cultivo y condición de humedad (riego o temporal). Las principales limitantes para la adopción de la labranza de conservación en esta región del país son: baja difusión ente los productores, necesidad de maquinaria especializada y el empleo de herbicida para el control de la maleza (Osuna, 2000). Además, el empleo de los residuos de cultivos es un factor clave para el éxito de la labranza de conservación, dado que entre mayor sea la cantidad dejada en la superficie, mayor será la protección que se tenga contra la erosión. Por ello, el uso del rastrojo como alimento del ganado es una fuerte limitante, que implica generar opciones que contemplen sistemas de producción en donde se diversifique e incremente la cantidad de forraje producido, de tal forma que el productor pueda dejar una parte de los mismos (Erenstein, 1999; Martínez-Gamiño, 2000). Es necesario, por tanto, incentivar

sistemas de producción agropecuarios en donde se le de un valor agregado a los productos agrícolas y que la labranza de conservación no compita con las necesidades de forraje para alimentar ganado. La inclusión de cultivos forrajeros específicos puede proveer de un alimento de mayor calidad nutricional al rastrojo Martínez-Gamiño, 2000).

El objetivo de este capítulo es presentar los beneficios de la agricultura de conservación, métodos de preparación del suelo y los beneficios de no invertir el suelo como una acción de transición entre la agricultura tradicional y la de conservación.

## **2. ANTECEDENTES**

Uno de los aspectos críticos en la mecanización de la agricultura es la preparación del suelo con métodos que al invertir el perfil entre cero y 30 cm de profundidad, destruyen sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Durante más de 100 años se ha aceptado al barbecho más la rastra como la única alternativa previa a la siembra sin tomar en cuenta el tipo de suelo, clima y cultivo (Benítez, 1992 y Figueroa y Morales, 1992).

El cambio de tracción animal por tracción mecánica fue un gran logro tecnológico que ayudó a eficientar tiempo y esfuerzo en las labores agrícolas en su momento; sin embargo, la constante destrucción de la estructura del suelo, expresada como la porosidad resultante de la agregación de partículas de suelo, ha ocasionado deterioros tales como, erosión, encostramiento y compactación superficial, reducción en la velocidad de infiltración del agua, pérdida de nutrimentos, oxidación de la materia orgánica, alteración de la edofauna y disminución en el rendimiento de cosechas (Black, 1973; Wilson, 1978; Post *et al.*, 1990, F.A.O., 1992; Reicosky y Lindstrom, 1993; Ismael *et al.*, 1994 y Navarro *et al.*, 2000).

Un paradigma que se ha sostenido por mucho tiempo es que para obtener una cama con suelo mullido para la siembra se debe barbechar.



No obstante, se ha demostrado que es impráctico remover e invertir 3,000 m<sup>3</sup> de suelo por ha para depositar semillas del tamaño como las de maíz, frijol y cereales pequeños como, sorgo, trigo, avena y cebada entre otros. Se ha demostrado que al realizar la siembra de estos cultivos con maquinaria especializada de labranza cero no se han presentado problemas en su germinación, emergencia y establecimiento en terrenos que no se han arado (Braunack y Dexter, 1989 y Navarro *et al.*, 2000).

La labranza de conservación es una de las prácticas más exitosas para proteger el suelo contra la erosión hídrica y eólica, dado que involucra la combinación de dejar parte de los residuos de cosecha en la superficie con la siembra directa o labranza cero (Lal *et al.*, 1990; F.A.O. 1992; Erenstein, 1999). Al barbechar y rastrear antes del inicio de las lluvias, la superficie del suelo se deja expuesta a la energía cinética de las gotas de agua, generando problemas de erosión. Con la labranza de conservación, las partículas de suelo no están desmenuzadas y la superficie del suelo está protegida total o parcialmente con residuos de cultivos anteriores, por lo que se reduce la pérdida de suelo hasta 80% en comparación con la labranza tradicional, barbecho más rastra (Osuna, 2000, Tiscareño y Báe, 2000). El porcentaje mínimo de la superficie del suelo que debe estar cubierto para reducir la erosión a niveles tolerables es 30% (F.A.O., 1992).

Otras bondades que se obtienen con la labranza de conservación son: mayor retención de humedad en el suelo, incremento en la velocidad de infiltración; reducción de las pérdidas de agua de lluvia por escurrimientos, aumento en la materia orgánica (M.O.) del suelo, secuestrando principalmente el carbono y evitando la liberación de CO<sub>2</sub>, el cual es la principal causa del efecto de invernadero en la atmósfera (Post *et al.*, 1990; Magdoff, 1992 y Roming *et al.*, 1995). Reicosky y Lindstrom, 1995 reportaron un incremento de 30% del CO<sub>2</sub> en suelos recién barbechados a causa de la oxidación de la M.O.

El empleo de coberturas vegetales en la labranza de conservación no sólo se sujeta a los residuos de cultivos anteriores, también involucra el empleo de cultivos de cobertura, desarrollados simultáneamente con el cultivo principal o establecido en una rotación. Además de los beneficios citados para la labranza de conservación, los cultivos de cobertura pueden proporcionar nitrógeno, principalmente cuando se emplean leguminosas (Black, 1973, Campbell *et al.*, 1991, Roming *et al.*, 1995).

Para la debida descomposición de los residuos de cosecha y desarrollo de los cultivos de cobertura se debe considerar que no se genere una competencia de nutrimentos con el cultivo principal, situación que se corrige ajustando las dosis de fertilizante que normalmente se usa en suelos desnudos. Es indispensable realizar un análisis nutrimental del suelo antes de cada cultivo, pues el efecto de competencia puede presentarse en el primer año para posteriormente obtener beneficios por el aporte de nitrógeno por parte de los cultivos y residuos de cobertura.

### 3. TIPOS DE LABRANZA

La labranza es toda acción mecánica que altere la estructura del suelo con el fin de proporcionar las condiciones adecuadas para la siembra y germinación de semillas, y el desarrollo de raíces y planta. La labranza primaria se realiza para preparar la cama de siembra; su objetivo es remover la vegetación presente, reducir la compactación y promover la rugosidad superficial a través de la formación de terrones en el suelo; se realiza con arado de vertedera, cinceles, arado de discos, subsolador y rastra de discos (Benites, 1992). La labranza secundaria implica el movimiento del suelo después de la siembra para romper costras superficiales, arrojar humedad y aflojar el suelo (FAO, 1992).

**Labranza convencional.** Son las operaciones de labranza primaria y secundaria adoptadas en una región. En las zonas agrícolas de México

se refiere generalmente a las acciones de barbechar y rastrear (Angeles y Rendón, 1984).

**Labranza mínima.** Consiste en omitir el barbecho en la preparación del suelo. Se puede emplear únicamente la rastra, o cinceles especializados como el “*vibrocultor*”, o la “*pata de ganso*”. Los residuos vegetales son incorporados en la capa superficial del suelo con la rastra; mientras que, con los implementos que no invierten el perfil, éstos permanecen en la superficie. El control de la maleza puede ser mecánico, mediante escardas o combinado con herbicidas (Jiménez y Lamo, 1998).

**Labranza cero.** En este tipo de labranza, no se realiza movimiento del suelo. La siembra se efectúa en forma directa y solo se mueve una pequeña franja de suelo en donde se deposita el fertilizante y la semilla. Se reduce la cantidad de energéticos empleados. El control de la maleza antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo se realiza con herbicidas (Unger, 1988).

**Labranza en surcos.** La siembra se realiza en los surcos formados durante las escardas del cultivo anterior. La erosión del suelo se controla al dejar del 30 al 50% de residuos hasta el momento de sembrar. Sin embargo, durante la siembra se emplea maquinaria con limpiadores para despejar el lomo del surco. Con este método se puede evitar el uso de herbicidas y controlar la maleza con una o dos escardas. La labranza en surcos es adecuada para suelos con problemas de drenaje (FAO, 1992).

**Labranza en franjas.** Únicamente se remueven franjas aisladas del suelo para realizar la siembra, el resto del terreno queda intacto. Generalmente se quita la cubierta de residuos de cosecha en la franja que se prepara por lo que se reduce su efectividad para controlar la erosión del suelo. Se puede combinar con la labranza en surcos para realizar escardas y reducir la cantidad de herbicida en el control de la maleza (FAO, 1992).

**Labranza de conservación.** Es la combinación de la labranza cero y el manejo de coberturas. Implica cubrir por lo menos 30% de la superficie del suelo con rastrojo o paja. Se refiere también a métodos que permitan romper el endurecimiento del suelo sin invertir su perfil tales como el cincel, vibrocultor y subsuelo. En este sistema, la cama de siembra solamente es alterada durante la siembra directa, los residuos de cosecha no se incorporan al perfil del suelo generando un mantillo (Erenstein, 1999).

#### **4. BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN**

Los principales beneficios que proporciona la agricultura de conservación son los siguientes:

- Aumenta la materia orgánica al suelo, incrementando su fertilidad.
- Mejora la estructura del suelo, permitiendo se infiltre mejor el agua de lluvia.
- Conserva más tiempo el agua en el suelo, reduciendo la posibilidad de pérdida del cultivo por sequía.
- Mantiene el rendimiento de los cultivos.
- Reduce riesgos de producción,
- Disminuye los costos en la preparación del suelo.

#### **5. PRINCIPALES DESVENTAJAS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN**

- Se requiere maquinaria especializada, diferente a la que usualmente emplean los productores.
- Se requiere un conocimiento sobre el uso de herbicidas.

- No permite utilizar todo el forraje en verde en la alimentación de animales, ni el pastoreo de los residuos de cosecha.

## **6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN CON EL MULTIARADO**

El método de labranza de conservación con “multiarado” consiste en la roturación del suelo, pero sin invertir el perfil en el estrato 0-30 cm. Lo anterior es posible con el uso del multiarado, el cual está conformado por un cincel modificado, con una punta de arado rancharo y aletas cortadoras. El multiarado es una combinación de varios implementos agrícolas. Presenta un timón tipo subsuelo, pero con la punta de un arado rancharo. Las aletas posteriores permiten trozar las raíces y roturar el perfil del suelo en forma horizontal (Figura 1). Es un paso intermedio para llegar a la siembra directa con residuos en la superficie del suelo.



Figura 1. El multiarado es un implemento útil para preparar el suelo en lugar del arado de discos.

Este implemento permite dejar los residuos de cosecha en la superficie. Las aletas cortadoras trozan las raíces de las plantas presentes, por lo que es un excelente método para controlar maleza anual y perenne como el pasto Johnson y gramilla, permite controlar el rebrote de plantas de cultivos como el sorgo y la avena. Con lo anterior, el control de la maleza se realiza en forma mecánica y no con herbicidas, método tradicionalmente usado en la labranza de conservación.

Un beneficio adicional de las aletas es el de romper el suelo en forma horizontal, acción que lo diferencia de los cinceles tradicionales, los cuales roturan el suelo solo en forma vertical. La principal ventaja de la roturación horizontal es el incremento en la infiltración después de preparado el terreno y durante el ciclo del cultivo. Para un mejor aprovechamiento de la lluvia, se recomienda que el paso del “multiarado” se realice en el sentido de los surcos o hileras de plantas, de esta forma el agua de lluvia penetra directamente en la zona de raíces del cultivo.

Para cambiar de una agricultura de subsistencia tradicional a una agricultura de conservación, se recomienda que al menos, se dejen sobre el suelo los residuos que queden después de la cosecha del grano y del rastrojo, y, promover que posteriormente los productores se convenzan por sí mismos de los beneficios de dejar al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con estos residuos, lo cual se logra con 2 toneladas de rastrojo por hectárea.

El “multiarado” puede utilizarse también para realizar las escardas y con ello controlar la maleza. Actualmente en Iowa, EE UU, se reporta la producción de soya orgánica con labranza de conservación, al emplear implementos similares al “multiarado”, cuya función es cortar las raíces de las plantas sin invertir el perfil (Exner, 1992). Para esta labor se deben usar las cuchillas más cortas del “multiarado” y calibrar bien las distancias para no dañar el sistema radical del cultivo.

Una observación al empleo del “multiarado” es que la superficie del suelo queda con residuos de cosecha y da la apariencia de un terreno sucio, sin trabajar. Esta apreciación no es del agrado de los productores, quienes están acostumbrados a ver sus parcelas “limpias”, sin residuos de cosecha, lo anterior es sólo el desconocimiento de cómo funciona la labranza de conservación.

## **7. COMO INICIAR LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN**

La agricultura de conservación se debe iniciar en parcelas agrícolas en producción y no en terrenos abandonados. Si se tiene un suelo que no se ha trabajado en los últimos años es conveniente realizar una preparación en forma tradicional por un año y luego iniciar la agricultura de conservación en el ciclo siguiente.

En terrenos agrícolas en producción se puede iniciar la agricultura de conservación al momento de la preparación del suelo sustituyendo el barbecho con el paso del multiarado, pato de ganso o vibrocultor que descompactan el perfil del suelo pero no lo invierten. Esta actividad incrementa la macro porosidad del suelo lo cual favorece la infiltración del agua de lluvia. Cuando la humedad del suelo sea adecuada para la siembra se recomienda dar un paso con la rastra de discos en forma superficial para controlar la primera generación de maleza y arropar la humedad del suelo.

Si la parcela presenta una fuerte infestación de maleza, problemas de encostramiento superficial o endurecimiento del perfil, la mejor opción es barbechar y rastrear el terreno y realizar un buen control de la maleza durante un ciclo de cultivo para que al siguiente, se pueda implementar la labranza de conservación. Esta decisión debe ser avalada por un técnico especialista. Por ningún motivo se debe iniciar la Labranza de conservación en un terreno agrícola inactivo por uno o más ciclos.

## **7.1 Ventajas del multiarado en relación al barbecho con discos**

La principal ventaja es la roturación del suelo en forma horizontal y vertical sin invertir el perfil del suelo, es decir la capa superficial, en donde hay mayor acumulación de materia orgánica, no se envía a 30 centímetros de profundidad, llevando a la superficie suelo con menor materia orgánica y menos fértil.

Otras ventajas del multiarado en comparación con el barbecho son: descompactación del suelo, facilitando mayor infiltración del agua en el suelo, reducción de escurrimientos en temporal, control mecánico de la maleza sin incorporarla en el suelo, mantenimiento de residuos vegetales como el rastrojo o la paja en la superficie y menor tiempo de trabajo para preparar una hectárea (Figura 2).

Normalmente, cuando se barbecha una hectárea se requiere de cuatro horas. Con el multiarado se emplean dos horas para la preparación de una hectárea. El gasto de diesel se reduce en un 50% y también se tiene un ahorro en la depreciación del tractor por menor tiempo de trabajo, así como menos horas de salario para el operador.

## **7.2 Desventajas del multiarado**

El multiarado no es una solución única para todos los tipos de suelo, climas y cultivos. Su principal desventaja es el desconocimiento de cómo y cuando usar esta herramienta por parte de técnicos y productores. Además, cuando el suelo está demasiado seco, compactado y/o con gramilla, la penetración del multiarado es limitada.

## **7.3 Tipo de tractor que se requiere para trabajar con el multiarado**

Para un multiarado con dos unidades en suelos no compactados y secos un tractor de 70 caballos de potencia es suficiente.





Figura 2. Con el multiarado se puede realizar un control mecánico de la maleza.

#### **7.4 Época de preparación del suelo con el multiarado**

La mejor época para realizar esta operación es inmediatamente después de la cosecha, para aprovechar la humedad del suelo y, en el caso de las áreas de temporal, las posibles lluvias durante el invierno o la primavera. La humedad del suelo debe ser la adecuada para que el multiarado penetre en el perfil del suelo y al mismo tiempo no lo compacte. Debe seguirse el sentido de los surcos del ciclo anterior, para que el agua se infiltre directamente a la zona de raíces.

En terrenos sin residuos vegetales en la superficie, se recomienda realizar un paso de rastra superficial (10 cm) antes de la siembra, cuando la humedad del suelo sea la adecuada para sembrar, de esta forma se eliminan las primeras generaciones de maleza sin necesidad de utilizar herbicidas.

## 7.5 Otras operaciones que se pueden realizar con el multiarado

El multiarado presenta dos tamaños de aletas, las aletas más pequeñas sirven para escardar en cultivos sembrados en hileras a 80 centímetros entre sí. Al igual que durante la preparación del suelo, el multiarado, al escardar, no invierte el perfil del suelo, dejando el rastrojo o paja en la superficie del suelo. Se debe calibrar bien la distancia entre las unidades del multiarado para evitar trozar las raíces del cultivo principal.

## 8. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MULTILIARADO

La siembra directa de frijol en condiciones de temporal presenta una fuerte limitante para dejar residuos de cosecha en la superficie del suelo debido a su uso como forraje por parte de la mayoría de los productores, además de que el cultivo de frijol, por su forma de cosecha tradicional, se extrae hasta la raíz de las plantas, por lo que los residuos que se dejan en la superficie del suelo son nulos. Los residuos de cosecha en la superficie del suelo son una parte fundamental para el éxito de las siembras directas en condiciones de temporal debido a su influencia en mejorar las condiciones de suelo tales como incremento en la materia orgánica y fauna benéfica, porosidad, infiltración de agua, aireación, desarrollo de raíces y retención de humedad.

Al evaluar diferentes métodos en la preparación del suelo para la siembra de frijol en condiciones de temporal en Villa de Arriaga, S.L.P., el rendimiento obtenido reportó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados en el primer año de evaluación. El mejor tratamiento resultó ser la rastra con rendimientos de 827 kg ha<sup>-1</sup> comparado con 563 kg ha<sup>-1</sup> del barbecho más rastra y 355 kg ha<sup>-1</sup> de la siembra directa (Cuadro 1). La siembra directa no contó con residuos de cosecha en la superficie y se observó que la principal limitante de este tratamiento fue la pérdida de humedad del suelo más rápida una mayor compactación de la superficie en relación a los tratamientos con laboreo en el suelo.

El problema de compactación fue más evidente al segundo año de evaluación en donde el rendimiento de frijol con siembra directa fue nulo debido a la fuerte compactación del suelo al momento de la siembra que impidió poder deposita la semilla a una profundidad adecuada para su germinación. El rendimiento en los tratamientos de rastra y barbecho más rastra no fueron afectados por la compactación del suelo como en el caso de la siembra directa (Cuadro 1). Las principales causas de la compactación del suelo en el tratamiento de siembra directa fueron el bajo contenido de materia orgánica y la ausencia de una capa protectora de residuos vegetales en la superficie del suelo.

Cuadro 1. Rendimiento de frijol de temporal en Villa de Arriaga, S.L.P., con diferentes métodos de preparación del suelo.

| Tratamiento         | 1998                | 1999 |
|---------------------|---------------------|------|
|                     | kg ha <sup>-1</sup> |      |
| Siembra directa     | 355b                | 0b   |
| Rastra              | 827a                | 391a |
| Barbecho más rastra | 563ab               | 454a |

Valores con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey< 0.05)

En la zona de Villa de Arriaga en particular y del centro de México en general, los productores emplean los residuos de cosecha como forraje para el ganado. Además, generalmente después de la cosecha se práctica el libre pastoreo, lo cual dificulta dejar una mínima cantidad de residuos en la superficie del suelo.

Ante esta situación, el INIFAP evaluó el uso del multiarado, como un método alternativo al de la siembra directa para reducir el alto costo de preparación del suelo con el barbecho así como la degradación en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento promedio de evaluaciones realizadas durante el 2000 al 2007 con el cultivo de frijol en condiciones de temporal en Villa de Arriaga. El rendimiento obtenido con el multiarado, aún cuando no se han registrado

diferencias estadísticas significativas en comparación con los tratamientos de barbecho más rastra y rastra, indica que su principal atractivo para los productores de frijol de temporal esta en la reducción de costos que se obtiene al preparar una hectárea con el multiarado, demás del mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de frijol de temporal en Villa de Arriaga, S.L.P., con diferentes métodos de preparación del suelo durante el período 2000 a 2007.

| Tratamiento         | 1998                |
|---------------------|---------------------|
|                     | kg ha <sup>-1</sup> |
| Multiarado          | 500                 |
| Rastra              | 322                 |
| Barbecho más rastra | 301                 |

En el ciclo primavera-verano del 2007, se reportaron más de 5,000 ha preparadas con el principio básico del multiarado de no invertir el perfil del suelo en el municipio de Villa de Arriaga y en Cerritos, con el cultivo de sorgo de temporal la superficie reportada fue de 2500 ha. La principal razón par la que los productores han adoptado esta tecnología es el ahorro en los costos de preparación del suelo, al gastar un 50% del diesel, tiempo y tractor en relación al barbecho más rastra.

## 9. CONCLUSIONES

El multiarado constituye el implemento pionero en el nuevo concepto tecnológico de labranza de conservación: “El corte horizontal del suelo sin volteo de la capa arable”. Más allá del implemento, el multiarado significa tecnología integral, sistemas modernos, económicos, ecológicos y versátiles. Dos conceptos fundamentales definen la labranza de conservación con “Multiarado”: el primero es provocar el mínimo disturbio posible al suelo y nunca invertirlo y el segundo es conservar el suelo permanentemente cubierto, utilizando residuos de los cultivos. Esta

comprobado que ambas operaciones ayudan a la conservación del suelo y del agua, en beneficio de la producción presente y futura.

## 10. LITERATURA CITADA

- Abelson, P.H. 1995. Sustainable agriculture and the 1995 Farm Bill. *Science* 267:943.
- Angeles, J.M. y Rendón, P. 1994. Riego eficiente y la labranza de conservación en una rotación trigo-sorgo para Guanajuato. México. 15th World Congress of Soil Science. Vol 7b. Acapulco, Gro. p127-128.
- Benites, J.R. 1992. Clasificación de los sistemas de labranza. p. 7-8. *In*. Food and Agricultural Organization (ed). Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de suelos 66. FAO, Roma.
- Black, A.L. 1973. Soil property changes associated with crop residue management in a wheat.fallow rotation. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 37:943-946.
- Braunack. M.V y A.R. Dexter. 1989. Soil aggregation in the seedbed: a review. II. Effect of the ggregate sizes on plant growth. *Soil Tillage Res.* 14:281-298.
- Campbell, C.A., V. O. Brederbeck, R.P. Zentner, y G.P. Lafond. 1991. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 71:363-376.
- Erenstein, O. 1999. La conservación de los residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco. CIMMYT. México, D. F.
- Exner. R. 1992. Sustainable agriculture. Iowa State University. University Extension. Ames, Iowa. 214p.
- FAO. 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de la FAO 66. Roma, Italia. 193p.
- Faulkner, E. H. 1974. Plowman´s Folly. Oklahoma University Press. 89p.
- Figueroa, S.B. y F.J. Morales F. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Posgraduados. SARH. Montecillos, México. 273p.
- Figueroa, S.B. 1983. Análisis de los sistemas de labranza en México. Memoria del XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oaxaca, Oax. 389p.

- García-Osorio, O. C., M. López-Romero y L.J. Cajuste. 2000. Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos agrícolas. Estudio de caso: Cuautla, Morelos. p 155-160. *In*. Quintero-Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez-Huerta y N.E. García-Calderón (ed). La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Hamblin, A. 1995. The concept of agricultural sustainability. In. Andrews, J.H. and I. Tommerup p 1-19. (ed). *Advances in Plant Pathology*, vol. 11. Academic Press, New York.
- Ismail, I., R.L. Blevins, and W.W. Frye. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* 58:193-198.
- Jiménez, D. R. M. y J. Lamo E. 1998. *Agricultura sostenible*. Mundi-Prensa, España. 616p.
- Lal, R., D.J. Eckert, N.R. Fausey y W.M. Edwards. 1990. Conservation tillage in sustainable agriculture. p. 203-225. *In*. *Soil and Water Conservation Society* (ed). *Sustainable agricultural systems*. Ankeny, Iowa.
- Magdoff, F. 1992. *Building soils for better crops. Organic Matter Management*. University of Nebraska Press. Lincoln. 215p.
- Mannering, J.V. y C.R. Fenster. 1983. What is conservation tillage. *Soil and Water Conservation*. 38:141-143.
- Martínez-Gamiño. M. A. 2000. Sistema de producción con un enfoque sostenible para el Altiplano Potosino, México. p 155-160. *In*. Quintero-Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez-Huerta y N.E. García-Calderón. (ed). *La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México*.
- Navarro, B. A., B. Figueroa S., V. M. Ordaz Ch. y F. V. González C. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *TERRA* 18(1):61-70.
- Osuna, C. E. S. 2000. *Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas y semiáridas del Norte-Centro de México*. SIGHO-CONACYT. Querétaro, México. 45p.
- Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye y H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.

- Post, W. M., T.H. Peng, W. R. Emanuel, A. W. King, V.H. Dale, and D.L. DeAngelis. 1990. The global carbon cycle. *Am. Scientist*. 78:310-326.
- Reicosky, D. C. and M. J. Lindstrom. 1993. Fall tillage method: Effect on short-term carbon dioxide flux from soil. *Agron. J.* 85:1237-1243.
- Romig, D. E., M. J. Garlynd, R. F. Harris, and K. McSweeney. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil and Water Conservation*. 50(3):229-236.
- Tiscareno, L. M and A. D. Baez G. 2000. Climate phenomena and soil degradation. p 155-160. *In*. Quintero-Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez-Huerta y N.E. García-Calderón (ed). *La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México.*
- Unger, P. W. 1988. Sistemas de labranza para la conservación del suelo y del agua. *Boletín de suelos de la FAO No. 54. Roma, Italia.* 193p.
- Wilson, E. T. 1978. Pioneer agricultural explosion in CO<sub>2</sub> levels in the atmosphere. *Nature*. 273:40-41.

## Capítulo 4

### CAPTACIÓN *IN SITU* DEL AGUA DE LLUVIA Y MÉTODOS DE LABRANZA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL DE TEMPORAL

J. S. Padilla Ramírez<sup>1</sup>, E. S. Osuna Ceja<sup>1</sup>, E. Martínez Meza<sup>2</sup>, M. A. Martínez Gamiño<sup>3</sup> y J. A. Acosta Gallegos<sup>4</sup>

#### RESUMEN

En Aguascalientes se cultivan anualmente 13 mil ha de frijol de temporal, con un rendimiento medio de 327 kg ha<sup>-1</sup> de grano. Esta producción baja se debe a la precipitación escasa y mal distribuida, suelos degradados y bajo uso de semilla certificada de variedades mejoradas. En este capítulo se presentan resultados de un estudio sobre el manejo integral del frijol desarrollado en cuatro localidades del municipio de “El Llano”, Ags., durante el ciclo agrícola primavera verano 2005. Se establecieron cuatro lotes de una hectárea donde se evaluaron los siguientes componentes: dos variedades (Flor de Mayo Bajío y Flor de Mayo Sol); dos métodos de labranza (convencional y multiarado) y pileteo. El rendimiento de grano de Flor de Mayo Sol (721 kg ha<sup>-1</sup>) fue ligeramente mayor que el de Flor de Mayo Bajío (690 kg ha<sup>-1</sup>). Los métodos de labranza tuvieron un efecto similar sobre el rendimiento de grano, sin embargo, el multiarado representó un ahorro en tiempo y costo. En el pileteo se observó un incremento en el rendimiento entre 11 y 40%, comparado al testigo sin pileteo. Lo anterior sugiere que la incorporación de estos componentes tecnológicos puede contribuir a reducir los riesgos de producción del frijol de temporal en la región semiárida de México.

#### 1. INTRODUCCIÓN

En la región semiárida del estado denominada “El Llano” se concentra la mayor superficie de tierras cultivadas bajo condiciones de temporal siendo ésta de 100,000 ha. En el período 2000-2004, se sembraron en promedio, 12.8 mil hectáreas con frijol de temporal, con un rendimiento medio estatal de 327 kg ha<sup>-1</sup>, siendo uno de los más bajos en la región del Altiplano semiárido de México (SIAP-SAGARPA, 2006). Estos rendimientos se deben a las condiciones climáticas de escasa precipitación

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP. padilla.saul@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP hasta diciembre 2007.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP.

<sup>4</sup> Investigador del Campo experimental Bajío-CIRCE-INIFAP.



y errática distribución durante el ciclo del cultivo, las características poco favorables de los suelos como la poca profundidad (< 0.40 m), la baja capacidad de retención de humedad (CC = 20.0%), bajo contenido de materia orgánica (< 1.0%) y la marcada degradación de éstos por las prácticas de preparación y manejo, además de la utilización de semilla de baja calidad.

Ante la realidad mencionada, se han desarrollado diferentes componentes tecnológicos que permiten disminuir las limitantes y riesgos de producción señalados para el cultivo de frijol. Sin embargo, es necesario difundir y transferir dichos componentes tecnológicos bajo una estrategia de “fórmula integral de producción” haciendo las adecuaciones necesarias; para el caso de “El Llano”, Aguascalientes, incluye la utilización de variedades mejoradas, el laboreo con multiarado y la utilización de la pileteadora para una mayor captación y retención de la precipitación “*in situ*”. A continuación se presentan los resultados obtenidos en módulos demostrativos establecidos en el ciclo primavera–verano 2005 en El Llano, Ags., donde se evaluó el efecto de tres componentes tecnológicos sobre el rendimiento de grano del frijol de temporal.

## **2. ANTECEDENTES**

En las zonas áridas y semiáridas, los productores han estado interesados en conservar y retener la máxima cantidad de agua para el uso de los cultivos de temporal. La experiencia les ha enseñado que la limitante más drástica en la producción de los cultivos en dichas zonas es la sequía (Constantinesco, 1976; Ortíz, 1996; Rubio, 2004).

Una de las formas de conservar y almacenar humedad en el suelo es la captación de lluvia *in situ*. Entre las diferentes formas de realizar esta práctica se encuentran las labores culturales y de labranza, dentro de ellas, la práctica conocida como pileteo (Osuna *et al.*, 2000).

El “pileteo” o “contreo” consiste en levantar un bordo de tierra de aproximadamente 20 cm de alto en el fondo del surco y a distancias regulares de entre 2.0 a 3.0 m, con el propósito de retener el agua de lluvia y disminuir la erosión hídrica del suelo; esta práctica es una opción para la captación “*in situ*” del agua de lluvia especialmente en los sistemas agrícolas de temporal deficiente (Cruz, 1995). A nivel mundial el pileteo se considera como una práctica de conservación de humedad altamente efectiva, misma que los productores pueden utilizar para incrementar los rendimientos de los cultivos (Boa, 1966; Jones y Stewart, 1990; Colburn y Alexander, 1986).

Jones y Clark (1987), en dos años de prueba con pileteo en sorgo, obtuvieron incrementos en rendimiento de 264% (1,700 kg ha<sup>-1</sup>) y 88% (1,230 kg ha<sup>-1</sup>), comparados con 650 kg obtenidos en el testigo. Por su parte, Clark y Jones (1981), encontraron incrementos en rendimiento de sorgo de 1,420 y 1,650 kg ha<sup>-1</sup> cuando se le comparó con el sistema tradicional; mientras que Colburn y Alexander (1986) al trabajar con sorgo para grano, reportaron incrementos que fueron de 37 a 147% cuando se trabajó con pileteo establecido en la siembra y combinado con control químico de malezas.

En México este sistema se ha utilizado en zonas áridas y semiáridas del norte-centro del país con resultados favorables. En las zonas áridas de San Luis Potosí, se reportaron incrementos de rendimientos en maíz y frijol en diferentes localidades del municipio de Salinas de Hidalgo (Ortiz y Rössel, 2000).

Rubio y Figueroa (1989), estudiaron el pileteo en los cultivos de maíz y frijol en el norte de Guanajuato; observaron incrementos de rendimiento en frijol de 69 hasta 120% y en maíz de 57 a 100% al compararlos con la siembra tradicional. También reportaron otras ventajas como: reducción del volumen de agua escurrido y de la erosión del suelo, desarrollo vegetativo más uniforme y control más efectivo de malezas.

El pileteo en el cultivo del maíz bajo temporal en Aguascalientes, mostró un incremento entre 30 y 60% en el rendimiento de grano y de 100% en la producción de forraje (Cruz, 1995).

Palacios (1996), determinó la factibilidad técnico-económica del uso de dos prácticas de captación-conservación de humedad en la producción de forraje y grano de sorgo de temporal en el sur de Sinaloa. Los resultados mostraron que el pileteo fue técnica y económicamente más efectivo que la siembra tradicional, al incrementar el rendimiento de forraje y grano en 28 y 26% respectivamente.

Galindo *et al.* (2005), realizaron un estudio para determinar el grado de adopción de la pileteadora de tracción mecánica en la región central de Zacatecas y su posible relación con algunas variables socioeconómicas. Los autores concluyeron que 87.5% de los agricultores de la zona central del estado conocen la pileteadora y que a partir de 1999 se ha impulsado el uso de la misma principalmente en los cultivos de maíz y frijol de temporal. De las variables que más influyeron en su adopción fueron: disponibilidad de equipo agrícola, relación con agentes de cambio, número de cultivos establecidos en temporal y años de conocer el implemento.

Luna y Gaytán (2001), evaluaron el efecto combinado de variedad mejorada, captación de agua de lluvia mediante pileteo, fertilización química y densidades de población sobre el rendimiento de maíz en Sandoval, Ags. y Calera, Zac. Los resultados mostraron que el pileteo fue el factor de mayor efecto benéfico en Aguascalientes, atribuido a la mayor precipitación ocurrida en esta localidad, mientras que en Zacatecas no se observaron diferencias significativas debido a la precipitación baja e irregular.

En Durango se han observado incrementos de 30% en rendimiento de frijol en parcelas comerciales, mientras que en Chihuahua, los incrementos en rendimiento variaron de 6.5 a 122% cuando se pileteó en el segundo cultivo (Fernández *et al.*, 2004). Estos autores sugieren realizar

el pileteo en la segunda escarda en aquéllas áreas donde se registran precipitaciones superiores a los 300 mm, mientras que en áreas donde la precipitación es menor se recomienda realizar el pileteo desde el primer cultivo, con objeto de captar mayor cantidad de lluvia.

La calidad de suelo (desde el punto de vista de su capacidad para el óptimo desarrollo y producción de los cultivos) se ve afectada por el manejo al suelo mediante los diferentes métodos de labranza. En este sentido, se han originado una serie de métodos de labranza que minimizan este efecto negativo sobre la calidad del suelo, siendo entre otros los siguientes: labranza tradicional, labranza de conservación, labranza mínima, labranza cero, labranza superficial, labranza subsuperficial, etc. (SSSA, 1987).

La estructura del suelo es uno de los indicadores de calidad del suelo ya que controla la distribución, flujo y retención de agua, sustancias disueltas y gases. La alteración de la estructura y su estabilidad causada por un laboreo inadecuado o excesivo, origina procesos de degradación del suelo como compactación y cementación, entre otros (Dexter, 2004; Kay, 1999; Gale *et al.*, 2000; Osuna *et al.*, 2006).

El contenido de materia orgánica, la densidad aparente y la inflexión de la pendiente de la curva de retención de humedad, también han sido propuestos como indicadores de la calidad del suelo. El sistema de labranza de conservación propicia una mejor calidad e incrementa la materia orgánica del suelo cuando se compara con la labranza tradicional en el cultivo de maíz (Osuna *et al.*, 2006).

Recientemente se ha promovido un implemento conocido como “multiarado” el cual es utilizado en la preparación del suelo en sustitución del arado de volteo. El mutiarado realiza una labranza vertical, sin invertir el suelo y consiste de una “navaja” en forma de V que rotura el suelo en forma horizontal. Además este equipo tiene la ventaja de reducir tiempo y

costos en la preparación del suelo, ya que cubre mayor área que el arado de discos (Martínez y Jasso, 2004).

Por otra parte, la introducción de variedades mejoradas de frijol, más precoces y con alto potencial de rendimiento ha contribuido a la reducción de riesgos por sequía en Aguascalientes. Padilla *et al.*, (2004) evaluaron genotipos precoces y tardíos, siendo los primeros los que mostraron mayor estabilidad en el rendimiento de grano y superaron a los genotipos tardíos. Así mismo, se mostró que la lluvia ocurrida durante el período reproductivo estuvo altamente correlacionada con el rendimiento de grano en los genotipos precoces, por lo que la conservación de humedad durante esta etapa es de vital importancia.

La precocidad como mecanismo de adaptación a las condiciones limitantes de humedad en frijol de temporal, ha sido un factor importante en la obtención de nuevas variedades mejoradas para la región del Altiplano semiárido de México. Rosales *et al.* (2001) y Padilla *et al.* (2003), señalan que el uso de variedades precoces puede disminuir los riesgos de pérdidas en la producción de grano de frijol bajo condiciones de temporal. Por lo que la precocidad a floración (40-45 días) y a madurez fisiológica (85-90 días) deben ser características de los genotipos recomendados para condiciones limitantes de humedad como la región del Norte Centro de México.

### **3. ESTUDIO DE CASO**

En el ciclo Primavera - Verano 2005 se llevó a cabo un estudio en la región temporalera de “El Llano” Aguascalientes ubicada en la zona del Altiplano, situado a 21° LN y 102° LW y 2000 msnm. El clima es del tipo BS<sub>1</sub> KW (w) seco semidesértico con veranos cálidos y una temperatura media anual de 18°C; con régimen de lluvias en verano (julio a septiembre) y con una precipitación promedio anual de 350-400 mm (García, 1973). Los suelos son de naturaleza aluvial y los tipos predominantes son Planosol éutrico y Calcisol háplico, de color claro, textura migajón arenosa,

contenido de materia orgánica menor de 1.0% y pH entre 6-8; estos suelos se encuentran limitados por una fase dúrica (caliche o tepetate) a una profundidad de 40-50 cm (FAO-UNESCO-ISRIC, 1990).

### 3.1. Localización y Establecimiento de los Módulos

Después del inicio de la temporada de lluvias se establecieron cuatro módulos. Tres localizados en terrenos agrícolas de productores cooperantes y uno en el Campo Auxiliar de “Sandoval” (Cuadro 1). La superficie de siembra en cada módulo fue una hectárea.

Cuadro 1. Localización de módulos y nombre de productores cooperantes.

| No | Módulo       | Cooperante         | Ubicación                          |
|----|--------------|--------------------|------------------------------------|
| 1  | El Tildio I  | Sr. Alfredo Muñoz  | Ejido el Tildio, El Llano, Ags.    |
| 2  | El Tildio II | Sr. Javier Muñoz   | Ejido el Tildio, El Llano, Ags.    |
| 3  | El Copetillo | Sr. Andrés Esparza | Ejido el Copetillo, El Llano, Ags. |
| 4  | Sandoval     | INIFAP-CEPAB       | Sandoval, El Llano, Ags.           |

### 3.2. Componentes tecnológicos evaluados

a) Variedades. Se sembraron las variedades Flor de Mayo Bajío (FMB) y Flor de Mayo Sol (FMSol), ambas generadas por el programa de mejoramiento genético de frijol del INIFAP.

b) Métodos de Labranza. La preparación del suelo se realizó comparando dos métodos de labranza: Multiarado (Mult) vs Labranza Convencional (LC). El multiarado tiene como característica principal el roturar el suelo en forma horizontal sin invertirlo lo que incrementa la infiltración del agua y reduce la escorrentía evitando las pérdidas de suelo por arrastre superficial. Para retener la humedad en el perfil del suelo y desmenuzar los terrones que quedaron después de utilizar el multiarado se dio un paso con la rastra de discos, quedando una capa superficial

adecuada para la siembra. Para la LC, se dio un barbecho con arado de discos reversible más un paso de rastra de discos. Previo a la siembra, en ambos métodos de labranza se dio un paso de rastra para eliminar las primeras malezas y preparar la cama de simbra.

c) Conservación “*in situ*” de agua de lluvia. Con objeto de lograr la mayor captación de agua de lluvia disponible para el cultivo y la disminución de los escurrimientos superficiales se evaluó la práctica del pileteo utilizando una “pileteadora” de tracción mecánica, la cual forma las piletas o contras de tierra a lo largo de los surcos cada 3 m; el pileteo se realizó en la primera o segunda escarda o en ambas, excepto en El Copetillo donde no se llevo a cabo.

Los tratamientos resultantes de la combinación de los componentes tecnológicos se distribuyeron en el campo en franjas contiguas de 6 a 8 surcos de 0.76 m de ancho por 100 m de longitud por cada tratamiento. La fecha de siembra fue el 5 de julio; el primer y segundo cultivo (escardas) se realizaron de los 25 a los 30 días y de los 35 a los 40 días después de la siembra, respectivamente. El pileteo se hizo simultáneamente con los cultivos. La cosecha se realizó entre los 85 y 90 días después de la siembra y se estimó el rendimiento de grano en parcelas de 6.08 m<sup>2</sup> considerando de 4 a 6 repeticiones por tratamiento.

Se obtuvieron los registros diarios de precipitación ocurrida durante los meses de junio a septiembre de 2005 de la estación climatológica de la red del INIFAP, ubicada en “Sandovalés” en la región de “El Llano” y cercana del área donde se establecieron los módulos.

Las condiciones de precipitación que prevalecieron durante los meses de junio a septiembre de 2005 en la localidad de Sandovalés se muestran en períodos decenales en el Cuadro 2. El inicio de temporal se estableció hasta la última decena de junio y primera decena de julio. La precipitación acumulada durante el ciclo fue de 312 mm (sin considerar los 25.6 mm ocurridos en junio, antes de la siembra). La precipitación mensual

acumulada fue de 105, 167 y 40 mm, en julio, agosto y septiembre, respectivamente. Lo anterior refleja que las condiciones de humedad fueron favorables durante los primeros 60 días después de la siembra (coincidiendo con la floración y amarre de vainas); se presentó un déficit de humedad al final del ciclo o sequía terminal (durante el llenado de vainas).

Cuadro 2. Precipitación acumulada en períodos decenales durante los meses de junio a septiembre de 2005 en la estación de Sandoval, El Llano, Ags.

| Mes        | Decena | Precipitación (mm) | Acumulada (mm) |
|------------|--------|--------------------|----------------|
| Junio      | 1      | 0.0                | 0.0            |
|            | 2      | 2.2                | 2.2            |
|            | 3      | 23.4               | 25.6           |
| Julio      | 1      | 47.0               | 72.6           |
|            | 2      | 28.0               | 100.6          |
|            | 3      | 30.0               | 130.6          |
| Agosto     | 1      | 67.0               | 197.6          |
|            | 2      | 48.0               | 245.6          |
|            | 3      | 52.0               | 297.6          |
| Septiembre | 1      | 26.2               | 323.8          |
|            | 2      | 13.8               | 337.6          |
|            | 3      | 0.0                | 337.6          |

*Fuente: Red de estaciones automatizadas en Aguascalientes. Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP.*

### 3.3. Respuesta del frijol a la labranza y pileteo

El rendimiento de grano obtenido para cada uno de los componentes evaluados en los diferentes módulos se presenta a continuación:



**Localidades.** Se observaron diferencias significativas en el rendimiento de grano entre los módulos, siendo el más alto El Tildio I, con un promedio de  $996 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que El Tildio II fue donde se obtuvo el menor rendimiento ( $390 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Estas diferencias entre los sitios, se atribuyen principalmente a la cantidad y distribución de la lluvia en el sitio específico y a las condiciones de manejo por el productor cooperante, ya que en El Tildio II, el cultivo tuvo mayor competencia por malezas.

**Varietades.** La respuesta de las variedades mostró una tendencia de interacción con la localidad de prueba, ya que FMB tuvo mayor rendimiento en El Tildio I y II, mientras que FMSol rindió más en El Copetillo y Sandovalés (Figura 1). El promedio de rendimiento de grano por variedad, considerando los cuatro módulos fue ligeramente mayor en FMSol ( $721 \text{ kg ha}^{-1}$ ), en comparación con FMB ( $690 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

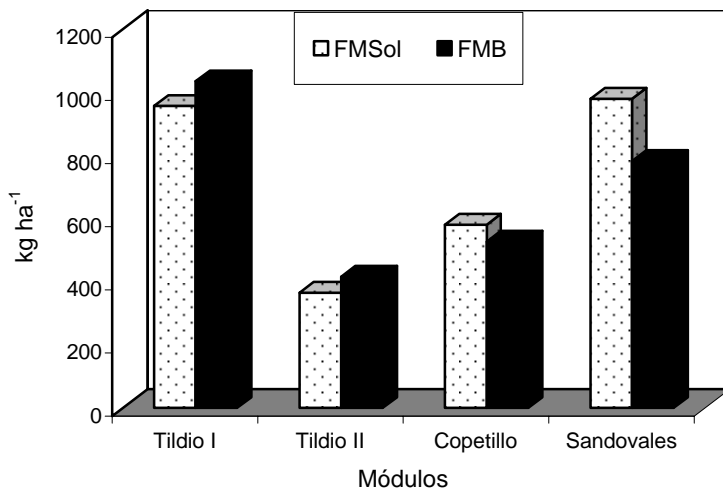


Figura 1. Rendimiento medio de grano de dos variedades de frijol en cuatro módulos en el municipio de El Llano, Ags. 2005.

**Métodos de Labranza.** Con relación a los métodos de labranza, sólo en El Tildio II, se observó que el rendimiento de grano fue superior con el multiarado, mientras que en el resto de los módulos, la labranza convencional fue ligeramente mayor al multiarado (Figura 2). Considerando el promedio de los cuatro módulos, el rendimiento de grano fue muy similar en ambos métodos de labranza (LC=704 kg ha<sup>-1</sup> vs Mult=707 kg ha<sup>-1</sup>). Por lo tanto, la opción del multiarado tiene la ventaja de ahorrar tiempo y combustible, ya que el tiempo de preparación de una hectárea con multiarado se reduce entre 40 y 50% (Martínez y Jasso, 2004).

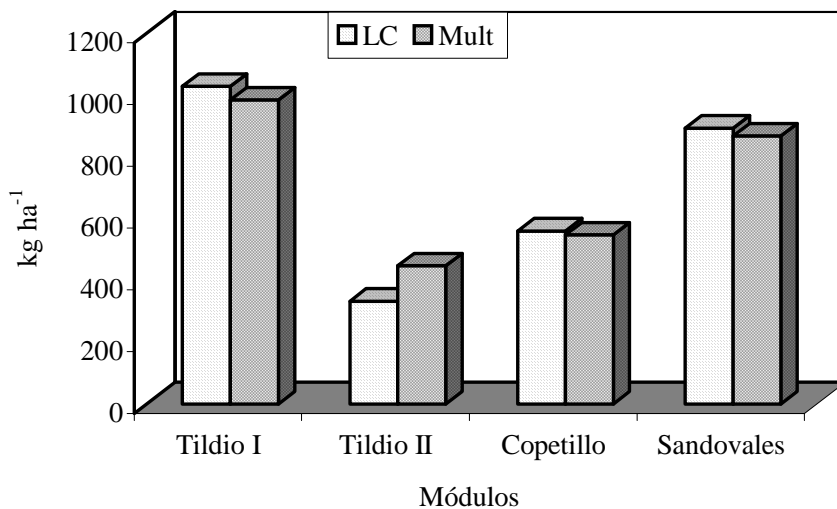


Figura 2. Rendimiento medio de grano de dos variedades de frijol bajo dos métodos de labranza en cuatro localidades en el municipio de El Llano, Ags. 2005.

**Captación “*in situ*” del agua de lluvia.** La práctica del pileteo para conservar el agua de lluvia, incrementó el rendimiento de grano de frijol entre 11 y 40% dependiendo de la localidad y de la etapa del cultivo cuando se realizó esta práctica (Figura 3).

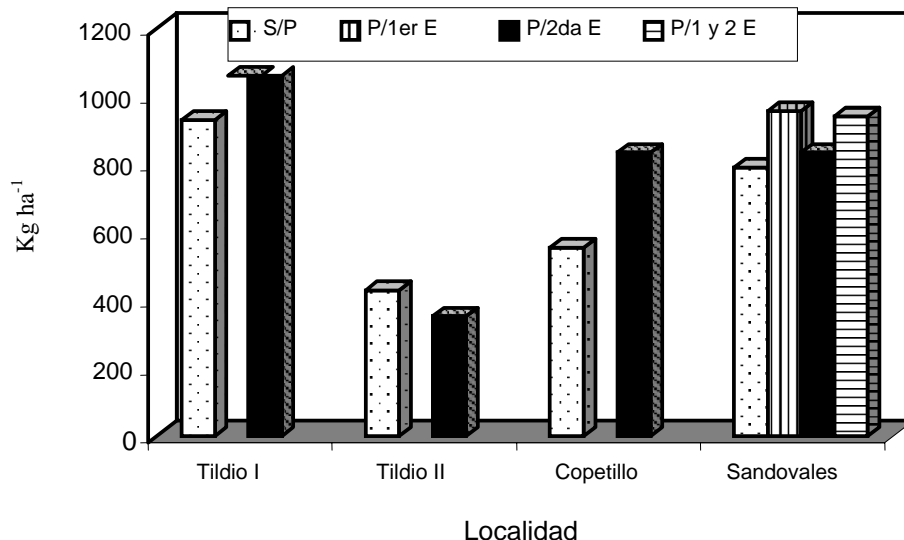


Figura 3. Rendimiento medio de grano de dos variedades de frijol con y sin captación “*in situ*” de agua de lluvia (pileteo) en cuatro localidades en el municipio de El Llano, Ags. 2005.

El mayor incremento del rendimiento se observó cuando el pileteo se realizó desde la primera escarda (Sandoval), lo cual sugiere que es importante hacer esta práctica en esta etapa del cultivo con objeto de captar la mayor humedad posible. Lo anterior coincide con lo señalado por Fernández *et al.* (2004), quienes indican que el pileteo debe realizarse desde la primera escarda en ambientes con precipitaciones menores a 300

mm. Por otra parte, en El Tildio II, no se observó incremento del rendimiento de grano de ambas variedades de frijol, lo cual se atribuye a la menor cantidad y distribución errática de la precipitación en esta localidad. Resultados similares fueron reportados por Luna y Gaytán (2001), quienes mencionan que no hubo efecto significativo en el rendimiento de maíz con pileteo debido a la escasa precipitación ocurrida durante el ciclo de cultivo o después de haber realizado esta práctica.

#### 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio de caso se puede concluir lo siguiente:

- Las variedades mejoradas de frijol utilizadas mostraron rendimientos de grano aceptables, el cual fue superior al promedio que se obtiene en el estado con los materiales criollos que es 327 kg ha<sup>-1</sup>.
- La opción del multiarado además de que permite reducir el 25 % de los costos en la preparación del suelo sin detrimento del rendimiento de grano del frijol, evita la inversión del perfil del suelo lo que contribuye a su conservación.
- El pileteo, para captar y conservar agua de lluvia "*in situ*" representa una buena opción en la zona temporalera del Altiplano semiárido, siendo importante implementar su práctica desde épocas tempranas del cultivo.

## 5. LITERATURA CITADA

- Boa, W. (1966). Equipment and methods for tied ridge cultivation. Farm power and machinery. Informal working Bull. No.28. FAO, Rome. 46p.
- Clark, R. N. and O. R. Jones. 1980. Furrow dams for conserving rainwater in semiarid climate. ASAE. Conference. On crop production with conservation in the 80's. pp 198-206. Chicago. III. Dec. 1980.
- Colburn, A. E. and U. U. Alexander. 1986. Furrow dicking in Texas. Texas A&M University. College Station, TX, Tex. Agric. Exp. Serv. Bull. 1539. 8p.
- Constantinesco, I. (1976). Soil conservation for developing countries. FAO, Soil Bulletin No.30. Rome, pp 53-61.
- Cruz, V. A. 1995. La práctica del pileteo en los sistemas agrícolas de temporal. In: Memoria del V Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería Agrícola. Irapuato, Gto. pp: B21-B24.
- Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality. Part I. Theory, effect of soil texture, density, and organic matter , and effect on root growth. Geoderma 120, 201-214.
- FAO-UNESCO-ISRIC, 1990. Revised Legend of the Soil Map of the World. World Soil Resource Report 60 p. FAO, Rome.
- Fernández Hernández, P., R. Gutiérrez González y R. Ávila Marioni. 2004. Pileteo: práctica para captación de agua y conservación del suelo en el cultivo de frijol de temporal en Chihuahua. Desplegable Técnica No. 5. SAGARPA-INIFAP-Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental "Sierra de Chihuahua. Edición corregida.
- Gale, W. J., C. A. Cambardella, and T. B. Bailey. 2000. Surfaces residue-and-root-derived carbon in stable and unstable aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:196-201.
- Galindo González, G., R. Zandate Hernández y B. Cabañas Cruz. 2005. Utilización de la pileteadora de tracción mecánica del INIFAP en la región central de Zacatecas. Folleto Técnico No. 14. SAGARPA-INIFAP-Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. pp. 123.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. 2da. edición. 247p.

- Jones, O. R. and R. N. Clark. 1987. Effects of furrow dikes on water conservation and dryland crops yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol 51: 1307-1314.
- Jones, O. R. and B. A. Stewart. 1990. Basin tillage. *Soil Tillage Res.* 18:249-265.
- Kay, B. D. 1999. Soil structure. *In: Handbook of Soil Science.* Summer, M.E. (ed). CRC Press Inc. Boca Raton. FL. USA. pp229-276.
- Luna Flores, M. y R. Gaytán Bautista. 2001. Rendimiento de maíz de temporal con tecnología tradicional y recomendada. *Agric. Tec. Méx.* 27(2):163-169.
- Martínez Gamiño, M. A. y C. Jasso Chaverría. 2004. Agricultura de conservación para la producción de sorgo y maíz de temporal en la zona media de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 23. SAGARPA-INIFAP-Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. pp. 19.
- Ortiz Laurel, H. 1996. Métodos y equipos de labranza en microcuencas para la captación de agua de lluvia. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 76p.
- Ortiz Laurel, H., y D. Rössel. 2000. Equipos de contreo y métodos de aplicación. Colegio de Postgraduados, México. 19p.
- Osuna Ceja, E. S., B. Figueroa Sandoval, K. Oleschko, Ma. De L. Flores Delgadillo, M. R. Martínez Menes y F. V. González Cossío. 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia.* 40(1):27-38.
- Osuna Ceja, E. S. J. S. Padilla, R. y F. Esquivel, V. 2000. Desarrollo de Sistemas de Producción Sostenible para uso y Conservación de Suelo y Agua en las zonas áridas y semiáridas del Norte-Centro de México. Cuaderno de Trabajo, Area de Recursos Naturales. SIHGO-CONACyT. 45p.
- Padilla Ramírez, J. S., R. Ochoa Márquez, E. Acosta Díaz, J. A. Acosta Gallegos, N. Mayek Pérez and J. D. Kelly. 2003. Grain yield of early and late dry bean genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, Mexico. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. 46: 89-90.
- Padilla Ramírez, J. S., E. Acosta Díaz, R. Gaytán Bautista, J. A. Acosta Gallegos, G. Esquivel Esquivel, N. Mayek Pérez and J. D. Kelly. 2004. Rainfall pattern and seed yield of dry bean in the semiarid highlands of México. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. 47: 291-292.
- Palacios, Velarde, O. 1996. Validación de prácticas de captación y conservación de humedad en áreas de temporal. Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Sur de Sinaloa. 8p.

- Rosales Serna R., R. Ochoa Márquez y J. A. Acosta Gallegos. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el Altiplano de México y su respuesta al fotoperíodo. *Agrociencia*. 35 (5): 513-523.
- Rubio Granados E. 2004. El sistema de contreo. SAGAR-Subsecretaría de Desarrollo Rural- Dirección General de Desarrollo Rural. 8p
- Rubio Granados, E. y B. Figueroa, S. 1989. El uso del contreo (captación de lluvia in situ) en el norte del estado de Guanajuato. XXII Congreso Nacional de la Ciencia de Suelo. Montecillo, Edo. de México. 226p.
- SIAP-SAGARPA.2006.[http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/SP\\_AG/sp\\_frijol.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_frijol.html).
- Soil Science Society of America (SSSA). 1987. Glossary of Soil Science Terms. Madison, Wisconsin. USA. pp 44.

## *Capítulo 5*

# **EL SISTEMA AQUEEL PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN FRIJOL DE TEMPORAL**

**E. Jr. Ventura Ramos<sup>1</sup> y J. A. Acosta Gallegos<sup>2</sup>**

### **RESUMEN**

En este capítulo se presentan las experiencias en el uso de un sistema de captación de agua de lluvia para la producción de frijol de temporal. El sistema fue desarrollado a partir de resultados de investigación y pruebas en parcelas de agricultores cooperantes, y se basa en el uso de un rodillo dentado que modifica la superficie del suelo para captar el agua de lluvia “in situ” y reducir la escorrentía superficial y la erosión de los suelos. El sistema involucra nuevas formas de preparación del suelo, arreglo de las hileras de siembra para incrementar la densidad de población, y el uso de variedades mejoradas adaptadas a las condiciones locales de clima y suelo, entre otros aspectos. En su generalidad se describen los conceptos sobre la captación del agua de lluvia, las características del rodillo Aqueel® (se pronuncia: “acuil”) y sus componentes, así como la forma en que se trabaja en la práctica bajo condiciones de campo.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es un elemento vital que sostiene a los ecosistemas y la actividad humana, además de constituir poco más del 75% del cuerpo humano y cubrir 70% de la superficie total del planeta. Sin embargo, muchos países áridos o semiáridos experimentan problemas significativos con el abastecimiento de agua para la producción de cultivos de temporal. Las regiones semiáridas pueden recibir la suficiente agua de lluvia para producir cultivos, pero la distribución de ésta, tanto espacial como temporal, es muy irregular, provocando que la producción agrícola no siempre sea exitosa (Ventura *et al.*, 2003).

En México, el promedio de la precipitación es de 777 mm anuales y su patrón de distribución espacial y temporal no es homogéneo. Por

---

<sup>1</sup> Profesor-investigador. División de Postgrado-Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. eventura@uaq.mx

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP.



ejemplo, más de la mitad del territorio nacional localizado al norte y en el altiplano recibe sólo 9% de la precipitación media anual, pero tiene al 75% de la población, aporta 70% del PIB industrial y posee 40% de las tierras agrícolas de temporal; en cambio, en el sureste de México., donde vive sólo 24% de la población y la industria es poco moderna, llueve 70% de la precipitación anual (Figura 1).

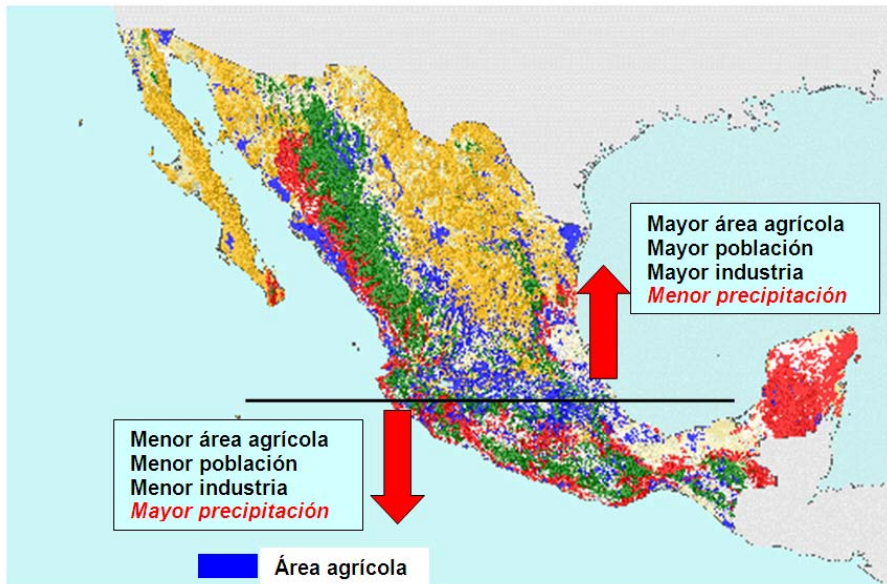


Figura 1. Situación de la distribución de la precipitación en el territorio nacional. (Fuente: INEGI, 2006).

Ante este panorama, es necesario plantear estrategias para el mejor aprovechamiento y uso racional del agua. En las zonas de producción agrícola bajo condiciones de temporal, se deben utilizar técnicas que permitan una captación del agua de lluvia para disminuir los

riesgos ocasionados por la sequía y aumentar los rendimientos de cultivos anuales como el frijol (Ventura *et al.*, 2005).

## 2. ANTECEDENTES

En el mundo existen 800 millones de personas que tienen inseguridad alimenticia, y se estima que en los países subdesarrollados cerca de 166 millones de niños en edad preescolar presentan problemas de desnutrición. En los países en vías de desarrollo la producción de alimento suficiente y la generación de ingresos adecuados para que la gente pobre pueda alimentarse mejor y disminuir los estragos es un gran desafío (Rosegrant *et al.*, 2002).

México también presenta esta problemática. De acuerdo con los resultados del XII Censo General de Población y Vivienda (INEGI, 2000), en el mes de Febrero del 2000 residían en el país poco más de 97 millones de personas. Esta población necesita cubrir sus necesidades alimenticias. La agricultura de riego ha contribuido de manera importante a la producción de alimentos en el mundo desde los años 60<sup>ss</sup>. Sin embargo, la agricultura de riego por sí sola no podrá satisfacer la demanda futura de alimento en muchas regiones semiáridas del mundo y quizá, aún más crítico, tampoco en aquellas regiones que no son semiáridas. Sumado a esto se encuentra que la disponibilidad del agua se ha reducido en muchas regiones a favor de usos no agrícolas tales como el uso doméstico y el industrial.

Es aquí donde la agricultura de temporal cobra una gran importancia, teniendo en cuenta que es ésta la que proporciona 60% del alimento en el mundo. Ante esta situación las soluciones más factibles para satisfacer el manejo sostenible de agua son: (1) encontrar recursos de agua alternos o adicionales, y (2) utilizar eficientemente los limitados recursos de agua disponibles.

En México, la producción de cultivos bajo temporal muchas veces se enfrenta a la problemática que se presente en un temporal deficiente, lo cual provoca que el agua de lluvia no sea suficiente para el desarrollo adecuado de los cultivos. Asociado a esto, es común una mala distribución espacio-temporal de la precipitación, lo que en algunas regiones provoca desastres naturales.

Los suelos agrícolas para cultivos de temporal presentan contenidos muy bajos de materia orgánica y su estructura es poco estable. Estas condiciones no favorecen la infiltración y contribuyen a un aumento de la escorrentía y la erosión, trayendo como consecuencia, pérdida de las partículas más activas de los suelos, reducción de nutrientes e insuficiente humedad en el suelo lo que trae como resultado la disminución en los rendimientos de producción (Foth, 1990). Existe otro factor no menos importante que contribuye aún más al deterioro de las características del suelo requeridas para una adecuada producción agrícola, que son aquellas tecnologías utilizadas para la labranza de los suelos, que muchas veces además de ser obsoletas, degradan aún más los suelos.

## **2.1. Problemática del cultivo de frijol en México**

En México la mayor superficie para producción de frijol se cultiva durante la época de primavera-verano en condiciones de temporal en el norte-centro del país, esto quiere decir que el abastecimiento de agua para que este cultivo pueda desarrollarse satisfactoriamente proviene únicamente de las lluvias. En esta región se siembran aproximadamente 1.5 millones de hectáreas, siendo los principales estados productores: Zacatecas, Durango, Chihuahua, Guanajuato y San Luis Potosí. El rendimiento del frijol en estas áreas depende principalmente de la cantidad y distribución de las lluvias, además del manejo que se le proporcione al cultivo desde la siembra hasta la cosecha (Acosta *et al.*, 2004).

Los principales problemas que afectan los rendimientos de frijol de temporal son los siguientes:

- Escasez de precipitación y errática distribución.
- Siembra en suelos delgados de bajo contenido de materia orgánica.
- Pudriciones de raíz.
- Uso de variedades criollas o mejoradas reutilizadas por varios ciclos, susceptibles a enfermedades.
- Bajas densidades de plantas por hectárea debido al uso de cantidades inadecuadas de semilla.
- Escaso o nulo uso de fertilizantes.
- Siembra fuera del periodo recomendado.
- Control deficiente o nulo de plagas, enfermedades y malezas.

Con el propósito de solucionar estos problemas, la Universidad Autónoma de Querétaro en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias vía el Campo Experimental Bajío a través de su línea de investigación de frijol, evaluó en el área del Altiplano (Queretano y Guanajuatense) un nuevo sistema de captación de agua de lluvia "*in situ*" en la producción de frijol de temporal.

Los resultados obtenidos, durante los ciclos primavera-verano 2004 y 2005 comprobaron la eficiencia de las modificaciones técnicas para aminorar los problemas señalados anteriormente, obteniéndose una cosecha de agua que no provocó erosión y en la que el agua se distribuyó uniformemente en el área del cultivo.

### **3. CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA**

Tradicionalmente la *Captación de Agua de Lluvia* incluye la colección de lluvia en una superficie mayor para concentrarla en un área pequeña de cultivo. El escurrimiento puede ser vertido directamente o distribuido en los campos o colectado para su uso posterior. Las técnicas de captación del agua de lluvia incluyen: *Sistemas de Captación Externos*,

*Sistemas de Microcaptación o Captación “In Situ” y Sistemas de Colección de Escurrimientos en Techos.* Este último tipo no es utilizado para propósitos agrícolas.

La captación de agua de lluvia no es nueva, de hecho se ha practicado por más de 4,000 años, y representó una fuente importante de agua en las áreas donde el agua superficial o el agua subterránea de buena calidad era escasa (Lo, 2005). El término cosecha de agua fue usado primeramente por Geddes (1963) de la Universidad de Sydney para referirse a “la colección y almacenamiento de aguas agrícolas, ya sea escorrentía superficial o arroyos, para su uso en irrigación”. Myers (1975) definió cosecha de agua en una forma más generalizada como “la práctica de coleccionar agua de un área tratada, para incrementar el escurrimiento proveniente de la lluvia”.

Una diversa cantidad de trabajos se han realizado con la idea de *Captación de Agua de Lluvia*, para hacer frente a problemas que no permiten una adecuada satisfacción de las necesidades humanas; como son alimenticias, vivienda, seguridad, salud, entre otras. Tales trabajos comprenden: el ataque a la desertificación, implementación de huertos familiares a base de agua de lluvia, mejoramiento del potencial agrícola de temporal mediante captación de agua de lluvia, colecta del agua de lluvia para obtención de agua potable, entre muchos otros.

#### **4. EL SISTEMA AQUEEL EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA**

El sistema Aqueel® de captación de agua de lluvia es probablemente el sistema más representativo de captación “*in situ*” del agua de lluvia en el sentido estricto de la palabra. El principio de este sistema es la creación de micro-reservorios sobre la superficie del terreno para la captación del agua de lluvia, con una herramienta que imprime huellas en el suelo sin causar compactación durante el proceso (Ventura *et al.*, 2003). Esto incluye por un lado el diseño geométrico de una rueda

dentada, y por otro lado, el uso de un material que sólo consolide al suelo sin compactarlo y, que además, sea resistente a la abrasión y al corte y que no permita que el suelo húmedo se le adhiera, este es el diseño de la llamada Rueda Aqueel®.

Los *dientes* de la rueda forman pequeños reservorios que pueden llegar a tener una capacidad de almacenamiento hasta de un litro de agua de lluvia, lo que significa que el agua puede permanecer en el terreno por un periodo más largo, permitiendo un mayor tiempo para que el agua se infiltre. La rueda puede usarse individualmente o agruparse en un rodillo continuo (Rodillo Aqueel®) del tamaño del implemento del tractor al que se va adicionar, lo que hace que la construcción de los reservorios sea de manera homogénea sobre la superficie del terreno y como resultado se logre la uniforme distribución de la humedad.

El paso de la rueda Aqueel® también mejora el contacto suelo-semilla en la siembra, logrando una germinación más uniforme. La rueda y rodillo Aqueel® están considerados como un aditamento y no como un implemento, por lo que puede adaptársele a cualquier implemento una vez que se conocen las dimensiones y diseño de los implementos de los que dispone el agricultor (Figura 2).

La superficie interna de los reservorios se consolida de tal manera que el agua se puede retener por más tiempo, dando oportunidad a una mayor infiltración de ésta en el suelo. Con ello se ofrece humedad suficiente a la zona de raíces para un período mayor, además de reducir la erosión del suelo (Figura 3).

La construcción de los reservorios de este sistema ayuda a reducir el escurrimiento cuando se realizan de forma perpendicular a la pendiente (contra-pendiente) simulando un surcado en contorno, debido a que se crea una resistencia mayor al flujo de escurrimiento por el borde mayor de los reservorios y opone mayor resistencia al flujo, más difícil de romper.



Figura 2. Sistema de Rodillo Aqueel adaptado a una sembradora de frijol en tres hileras.



a)



b)

Figura 3. Funcionamiento del sistema del Rodillo Aqueel®. a) Arreglo del terreno después de la siembra. b) Resultado de la captación de agua después de una lluvia.

La utilización del Sistema Aqueel proporciona al agricultor mayor seguridad de poder establecer el cultivo un poco antes del tiempo que normalmente lo haría, ya que este sistema retiene por mas tiempo el agua sobre la superficie y no permite que se pierda en forma de escurrimiento, aumentando así la cantidad de agua infiltrada durante las primeras lluvias de temporal. Esto hace que una parte más profunda del suelo sea mojada, lo que le ayuda a la planta a tener humedad suficiente para poder germinar adecuadamente. La Figura 4 muestra dos secciones de un terreno sembrado bajo diferentes sistemas, en el municipio de Cadereyta, Qro., durante el ciclo primavera-verano 2005, en la que es evidente los beneficios de la introducción de este sistema.

#### **4.1. Combinación del Sistema Aqueel con Tecnologías Alternas**

Tradicionalmente se hace uso de los arados de discos o de vertederas como implementos para la preparación del suelo, seguido de uno o dos pasos de rastra, lo cual ha generado problemas de compactación, erosión y pérdida del potencial productivo de la tierra, los cuales se acentúan cada vez más en las zonas agrícolas. El uso del multiarado como alternativa de labranza profunda mediante el corte horizontal del suelo sin el volteo de su capa arable propicia una mayor infiltración del agua en el suelo y mejor oxigenación del mismo.

El multiarado puede combinarse con el rodillo Aqueel<sup>®</sup>, como una alternativa de preparación de los suelos que elimine el uso del arado de discos y la rastra en un solo paso sobre el terreno (Figura 5). El multiarado rotura el suelo sin invertirlo y crea un sistema de poros en el suelo capaz de permitir que una mayor cantidad de agua pueda infiltrarse hacia partes profundas, esto en conjunto con la retención del agua lograda por el rodillo permite que el agua disponible para la producción agrícola aumente, trayendo resultados satisfactorios.





Figura 4. Comparación de dos parcelas sembradas en la misma temporada con diferentes sistemas. a) Superficie sembrada con Sistema Aqueel. b) Superficie sembrada con sistema tradicional (barbecho, rastra y surcado).

De manera óptima, el terreno debe ser trabajado con el multiarado en combinación con el Rodillo Aqueel después de la cosecha con el objetivo de aprovechar la humedad remanente y lograr una buena preparación del suelo. En este paso, el rodillo creará una rugosidad en la superficie del suelo que lo hará más resistente a la erosión eólica durante la época seca.



Figura 5. Combinación del Sistema Aqueel® con el Multiarado.

#### 4.2. Guía para el uso del Sistema Aqueel en el Cultivo de frijol

- a) La recomendación inicial es preparar el terreno con el multiarado y Rodillo Aqueel inmediatamente después de la cosecha. El suelo queda preparado de esta manera hasta que vengan las primeras lluvias.
- b) Una vez que se presentan las primeras lluvias, la primera generación de malezas ha crecido y la tierra está “a punto” (con humedad óptima) para la siembra. La siguiente tarea es dar uno o dos pasos de rastra para *desmenuzar* los terrones grandes en el terreno, eliminar las malezas y mezclar el suelo para crear la cama de siembra.
- c) Inmediatamente después del rastreo se procede a la siembra con una sembradora a la cual se le ha adaptado el rodillo Aqueel. El paso del rodillo atrás de la sembradora creará las huellas, oquedades, hoyos, o presitas (según decida el agricultor llamarle a la rugosidad creada por

el rodillo) que servirán para la captación del agua de lluvia. El rodillo también mejorará el contacto suelo-semilla, con lo que la emergencia es más pronta y uniforme. En trabajos realizados por Ventura *et al.* (2005), se utilizó una sembradora “PEMA” que es una modificación a una sembradora “COMAC”, para siembra en camas en tres hileras a la cual se le acopló el Rodillo Aqueel. Esto permite aumentar la densidad de población en 50%.

- d) Con las primeras lluvias captadas, el frijol comienza a germinar y a crecer. El control de malezas se puede realizar en forma química utilizando Basagran ( $1.5 \text{ lt ha}^{-1}$ ) y Flex ( $1.0 \text{ lt ha}^{-1}$ ). La alternativa es realizar una escarda superficial entre las hileras del cultivo con un sistema de rejas delgadas, de manera que no se lastimen las raíces. En las zanjas de las melgas, se puede adaptar un par de “pileteadoras o contreadoras” para lograr una captación de agua de lluvia adicional (Figura 6), ya que el paso de la cultivadora destruye el trabajo del rodillo Aqueel.

El uso del rodillo Aqueel y el multiarado permite incrementar el rendimiento promedio del frijol de temporal durante cuatro años de alrededor de 450 kg/ha a 1,300 kg/ha en terrenos de agricultores cooperantes.



Figura 6. Cultivadora y Pileteadora en un cultivo de frijol.

#### 4.3. Beneficios del uso del Sistema Aqueel®

- Aumenta la infiltración del agua en el suelo.
- Reduce los riesgos de erosión y escurrimiento superficial.
- Debido a los reservorios, se consolida la estructura del suelo y se protege contra la erosión eólica en tiempos de sequía.
- Incrementa el uso eficiente del agua.
- Favorece la germinación al mejorar el contacto entre el suelo y la semilla.
- Es un aditamento relativamente barato y alta vida útil debido al material de su construcción.
- Es bastante fácil de adaptar a los implementos y maquinaria ya existentes.
- No requiere un cambio drástico en las labores tradicionales del agricultor.

- El acceso a la cantidad de agua que se capta representa en todos los sentidos una ganancia debido a que esta es totalmente gratis al provenir de las lluvias.

## **5. CONCLUSIONES**

En México, la agricultura de temporal seguirá teniendo un papel muy importante en cuanto al abastecimiento de alimento a la población y como actividad económica de la cual dependerán los ingresos y los niveles de vida de las personas dedicadas a esta actividad. Se deben plantear estrategias para incrementar la producción en condiciones de temporal, y una de ellas debe ser la introducción de tecnologías que sean amigables con el ambiente y económicamente rentables para el agricultor.

La captación de agua de lluvia tiene un gran potencial en muchas regiones frijoleras del Altiplano semiárido para mejorar los rendimientos y proveer a los agricultores con disponibilidad de agua y el aumento en la fertilidad del suelo, así como contribuir positivamente a través de beneficios indirectos como la disminución en la erosión de suelos.

Es importante destacar que la incorporación de nuevas tecnologías en la agricultura como la captación de agua de lluvia con el sistema Aqueel, debe ser un proceso dinámico y estar en constante cambio, siempre con el objetivo de aumentar la producción atacando la problemática presente en el momento.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acosta G., J. A., M. López-Bautista, A. Tapia-Naranjo, H. García-Nieto, E. Ventura-Ramos. 2004. Guía para producir frijol de temporal en Querétaro. INIFAP, Querétaro.
- Foth, H. D. 1990. Fundamentals of Soil Science. John Wiley & Sons. New York, USA. 360 pp.
- Geddes, H.J. 1963. Water Harvesting. National Symposium of Water Resources Use and Management. Australian Academy of Sciences, Canberra, Australia.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. (<http://www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/poblacion/index.html>)
- Lo, K.F.A. 2005. Múltiples Usos de la Captación de Agua de Lluvia para Combatir Problemas de Escasez del Agua. 2005. XI Reunión Nacional y I de América Latina y El Caribe, Sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia.
- Myers, L.E. 1975. Water Harvesting – 2000 BC to 1974 A.D. In: Proceedings of the Water of the Water Harvesting Symposium, Phoenix, Arizona, March 26-28, 1974. pp 1-7
- Rosegrant M., X. Cai, S. Cline, and N. Nakagawa. 2002. The Role of Rainfed Agriculture in the Future of Global Food Production Technology Division. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., U.S.A.
- Ventura E. Jr., M. A. Domínguez, L. D. Norton, K. Ward, M. López-Bautista and A. Tapia-Naranjo. 2003. A New Reservoir Tillage System for Crop Production in Semiarid Areas. ASAE Paper No. 032315. St Joseph, Michigan, U.S.A.
- Ventura E. Jr., J. A. Acosta G, M. A. Domínguez y L. D. Norton, K. Ward. 2005. Prácticas para la Conservación del Suelo y Agua en Zonas Áridas y Semiáridas. Libro Técnico Num. 1. INIFAP, San Luis Potosí. CONAZA, SAGARPA.

## *Capítulo 6*

# **LAS VARIETADES MEJORADAS DE FRIJOL DE TEMPORAL PARA EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Jorge A. Acosta Gallegos<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

Las variedades mejoradas de frijol han contribuido al incremento del rendimiento medio nacional en México a una tasa anual de 1% al pasar de 230 kg ha<sup>-1</sup> en 1940, a 630 kg ha<sup>-1</sup> en el 2000; esto a pesar de que el 85% de la superficie se siembra en condiciones de temporal deficiente, en suelos pobres y con bajo uso de insumos industriales. Algunas de las variedades mejoradas en el Altiplano han logrado tal popularidad que la clase comercial a que pertenecen a tomado su nombre, tal es el caso de Marcela en el tipo flor de junio, de Villa en la clase pinto nacional, y últimamente de Pinto Saltillo. Esta última variedad ocupó en el 2006 el 30% de la superficie sembrada con frijol en Durango y una superficie considerable en Chihuahua. A pesar de lo anterior las variedades por si mismas no pueden garantizar la obtención de altos rendimientos; es necesario realizar además prácticas agronómicas que permitan el máximo aprovechamiento de las lluvias. Las nuevas variedades que se generen deberán poseer, además de alto potencial de rendimiento y las resistencias genéticas necesarias, características de calidad que permitan a los productores y a la industria procesadora lograr mayor competitividad en el mercado nacional e internacional. Los productores pueden mejorar su capacidad de comercialización al diferenciar sus productos y controlar la calidad de lo que ofertan a los consumidores, por ejemplo ofertar grano del tipo rosa de castilla o peruano, ambos de alta calidad y precio.

### **1. ANTECEDENTES**

Durante los últimos años el área cosechada de frijol en el país fue de 1.87 millones de hectáreas anuales en promedio, con un rendimiento medio de 632 kg ha<sup>-1</sup> y una producción de 1.3 millones de toneladas por año. Sin embargo, a finales de los noventa el subsector de frijol tuvo un crecimiento negativo. Durante el periodo 1996-2000 el área cosechada total disminuyó 2.0% y el rendimiento promedio disminuyó 2.5%, en comparación con 1990-1995. Esta tendencia se revirtió durante el trienio

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP. jamk@prodigy.net.mx,

2002 a 2004, gracias a la abundancia de la precipitación el rendimiento medio se incremento en algunos estados hasta 800 kg ha<sup>-1</sup>, como fue el caso de Zacatecas en el 2003 en el que se obtuvo una cosecha estatal de 523 mil toneladas en una superficie de 650 mil ha (SIAP-SAGARPA, 2006, en línea).

Es importante tener en cuenta que la mayor producción de este cultivo actualmente se siembra en regiones de temporal deficiente en suelos marginales con bajo contenido de nutrimentos y materia orgánica, donde los agricultores tienen pocas opciones de producir cultivos que sean más rentables que el frijol y donde la escasa y errática precipitación afecta seriamente la productividad de este cultivo (SAGAR, 2000). Lo anterior se verifico durante el 2005 debido a la situación de sequía ocurrida en la región semiárida del Norte-Centro, incluyendo el estado de San Luís Potosí. En el 2006 la situación se revirtió con una temporada de lluvias favorable, pero con distribución errática durante su establecimiento. Esto último provocó el establecimiento de siembras desde finales de junio que fueron dañadas por sequía en julio y siembras a principios de agosto con riesgo de daño por heladas. En estos casos, la disponibilidad de semilla de diversas variedades de frijol puede contribuir a sortear los riesgos inherentes a la producción de frijol de temporal.

## **2. DESARROLLO DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL**

En las dos últimas décadas, el Programa de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló variedades mejoradas de frijol de clases comerciales importantes en riego y temporal para las principales regiones productoras de frijol en México (Acosta *et al.*, 1999, 2000; Rosales *et al.*, 2004). El rendimiento y la resistencia a enfermedades fueron las características clave en las que pusieron énfasis los investigadores en décadas anteriores (Cárdenas, 2000; Voysest, 2000). En los últimos años se ha puesto mayor atención a aspectos de calidad del grano que faciliten la comercialización y



satisfagan a los consumidores. Esto último depende también del manejo poscosecha que dan los productores y comercializadores al grano que ofertan (Beaver *et al.*, 2003).

A pesar de los esfuerzos realizados en el mejoramiento genético del frijol y de las ventajas comparativas de las variedades mejoradas, su utilización ha sido restringida, en la mayoría de los casos por el desconocimiento de sus características por parte de los productores y por la baja disponibilidad de semilla a precios competitivos (Rosales-Serna *et al.*, 2003). Además de estos problemas para la utilización de las variedades mejoradas, hay que tomar en consideración las preferencias de los consumidores, ya sea en forma directa o a través de los comercializadores, ya que estos últimos conocen de primera mano las demandas de los consumidores. También se deben considerar las demandas de los industriales.

Es probable que algunas variedades mejoradas no hayan sido aceptadas y utilizadas porque su grano no tuvo las características de calidad demandadas por los consumidores (Castellanos *et al.*, 1997, Pallottini *et al.*, 2004). En la actualidad para la liberación de las nuevas variedades se deberán tomar en cuenta tanto a los productores como a comercializadores y consumidores.

Otro aspecto que se tiene que observar cuando se aborda el tema de utilización de variedades mejoradas de frijol, es el considerar el sistema reproductivo de la especie, es una planta autógena, es decir se autofecunda. Este sistema reproductivo permite la reutilización de semilla, es decir, no es realmente necesario adquirir semilla certificada cada vez que se vaya a sembrar, situación que no hace atractiva la producción de semilla certificada a las empresas productoras públicas y privadas. Este hecho impide que se pueda calcular la utilización de variedades mejoradas con base en ventas anuales de semillas certificadas y que las variedades mejoradas sean subutilizadas.

Las organizaciones de productores, en acuerdo con los formadores de las variedades, pudieran ser una opción para que ellos mismos produzcan la semilla que demandan sus agremiados. Esto, junto con la adquisición y distribución de insumos (economía de escala) y la oferta de un producto de alta calidad, puede incrementar y desarrollar la competitividad de los productores de frijol (Ayala, 2006).

## 2.1 El estado de San Luis Potosí

Por sus características socioeconómicas, el frijol es un importante cultivo de temporal en el estado. Las clases comerciales importantes son: Negro San Luis, Flor de Junio y Flor de Mayo, y en menor escala los bayos y Rosa de Castilla.

### **Problemática en temporal**

- Comercialización con altibajos.
- Lluvia escasa y errática.
- Plagas, enfermedades y maleza.
- Suelos pobres en proceso de degradación.
- Poco uso de tecnología por desconocimiento y falta de crédito.
- Baja disponibilidad de semilla de calidad.

### **Alternativas**

La introducción y multiplicación de variedades de frijol comprobada o probable adaptación en las áreas frijoleras locales:

**De grano negro:** Negro ZAC N101, Negro 8025, Negro Altiplano, Negro Otomí, Negro Vizcaya y varias líneas experimentales que deberán ser registradas para su multiplicación.

**De grano claro:** Pinto Mestizo, Pinto Saltillo, Flor de Mayo Anita, Flor de Mayo Sol, Flor de Mayo M38, Flor de Junio Marcela, varias líneas experimentales que deberán ser registradas para su multiplicación. En algunas áreas, las variedades criollas de grano tipo Rosa de Castilla, son una excelente opción por el alto valor de su grano.

Algunas características sobresalientes de las variedades mencionadas son:

**Negro ZAC N101:** variedad de ciclo intermedio (aproximadamente 100 días de siembra a madurez), de planta semi-erecta con resistencia a las principales enfermedades y grano semi-brillante con calidad comercial de tamaño mediano (Rosales *et al.*, 2004).

**Negro 8025:** variedad de ciclo intermedio, de crecimiento tipo postrado con grano pequeño de color negro opaco, por su calidad es de alta demanda en centro y sureste de México. Es susceptible a la bacteriosis común del follaje y resistente a la roya y antracnosis. También puede producirse bajo condiciones de riego (Rosales *et al.*, 2004).

**Negro Altiplano:** variedad de ciclo intermedio, de crecimiento semi-erecto, con grano negro opaco de tamaño medio, tolerante a sequía y resistente a las enfermedades que ocurren en la región semiárida. También puede producirse bajo condiciones de riego (Acosta *et al.*, 2001b).

**Negro Otomí.** Variedad de ciclo intermedio, planta de crecimiento tipo postrado, de grano negro brillante de tamaño grande tipo San Luís. Es resistente a las enfermedades que ocurren en la región semiárida (Rosales *et al.*, 2004).

**Negro Viscaya.** Variedad similar a Negro Otomí en características de planta y grano. Es susceptible a la roya y resistente a las demás enfermedades que ocurren en la región semiárida (Rosañes *et al.*, 2004).

**Pinto Mestizo:** variedad de ciclo corto (aproximadamente 90 días de siembra a madurez), planta de crecimiento semi-erecto, grano de tamaño

grande y con resistencia a las enfermedades propias de la región semi-árida (Acosta *et al.*, 2001a).

**Pinto Saltillo:** variedad de ciclo corto, planta de crecimiento postrado y grano de tamaño medio alargado, con prolongada vida de anaquel, es decir, después de cosechado, su grano no se oscurece a la misma velocidad que variedades similares. Es resistente a las enfermedades que ocurren en la región semiárida (Sánchez *et al.*, 2001).

**Flor de Mayo Anita:** variedad de ciclo intermedio, planta de crecimiento semi-erecto y grano de tamaño medio similar en forma al tipo media oreja de color rosado fuerte. Es resistente a enfermedades en ambas regiones, Semi-árida y El Bajío. También puede producirse bajo condiciones de riego (Castellanos *et al.*, 2003b).

**Flor de Mayo Sol:** Variedad de ciclo corto, de hábito de crecimiento postrado indeterminado y grano de tamaño medio (Ibarra *et al.*, 2004).

**Flor de Mayo M38:** variedad de ciclo intermedio, planta de crecimiento semi-erecto y grano de tamaño medio. Es resistente a enfermedades en ambas regiones, Semi-árida y El Bajío. También puede producirse bajo condiciones de riego (Acosta *et al.*, 1995).

**Flor de Junio Marcela:** variedad de ciclo intermedio, planta de guía corta y grano de alta calidad comercial. Es susceptible a la roya y resistente a las demás enfermedades en ambas regiones, Semiárida y El Bajío. También puede producirse bajo condiciones de riego (Castellanos *et al.*, 2003b).

Otras tecnologías a implementar en el estado, y que no solo tienen que ver con el incremento de la producción y calidad sino también con la conservación de los recursos.

- Multiarado, permite la preparación de suelo con menor requerimiento de energía que el arado de discos, el suelo debe de contener humedad.

- Pileteadora, implemento que se puede utilizar al preparar surcos y en las escardas. Este aditamento permite formar bordos de tierra a espacios regulares en medio del surco, estos a su vez proporcionan una mayor captación de las lluvias y disminuyen las escorrentías que se llevan el suelo fértil de las parcelas.
- Fertilización química mínima necesaria (de mantenimiento) y biológica (Rhizobium, micorriza, compostas y estiércoles). La fertilización también pudiera ser correctiva después de un análisis físico-químico del suelo.
- Control de plagas (conchuela en campo y gorgojos en almacén) y maleza (dosis reducidas de herbicidas y escardas). La rotación de cultivos y el uso de semilla certificada de variedades resistentes pueden contribuir al control de los patógenos.
- Manejo poscosecha y ofertar grano de calidad. La limpieza y cribado del grano es importante para facilitar la comercialización del mismo, así como el almacenado en sitios frescos evitando daño por insectos y roedores.

### **3. NUEVAS DEMANDAS DE TECNOLOGÍA**

Además de contar con las resistencias genéticas necesarias, las variedades no deben desgranarse al madurar, poseer grano de alta calidad y de larga vida de anaquel. Los productores demandan el desarrollo de variedades cuyas vainas no entren en contacto con el suelo para evitar el manchado en presencia de lluvias después de la maduración.

También se requiere tecnología para producción de frijol orgánico, es decir sin la utilización de agroquímicos y grano libre de cualquier contaminante. La demanda por productos orgánicos es creciente y es un nicho de mercado que pudiera ser considerado por productores organizados de frijol de temporal.

Información socio-económica y climática actualizada (para la toma de decisiones). En el caso del frijol de temporal, por lo general no se sabe cuando y cuanto va a llover, pero si se conoce que hay variedades más tardías que hay que sembrar primero y variedades de ciclo corto que se pueden utilizar al final. El contar con más de una variedad es una buena opción para enfrentar los riesgos inherentes al inicio y establecimiento del temporal, así como su eventual terminación antes de lo normal.

Información sobre tendencias de mercado nacional e internacional. Esto permitirá tomar decisiones sobre la variedad a utilizar, al conocer su demanda.

Maquinaria que facilite y reduzca el tiempo de la cosecha.

#### **4. UTILIZACIÓN DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL**

Las áreas semiáridas, a pesar de la sequía intermitente y de los bajos niveles de rendimiento, son productoras de frijol; sin embargo, el uso de tecnologías modernas para la producción es limitado, entre ellas las nuevas variedades. El desarrollo y utilización de variedades mejoradas de frijol han contribuido en años recientes a elevar la producción en los estados de Durango, Chihuahua y Zacatecas (González *et al.*, 2003; González-Ramírez, 2004).

#### **5. EL MEJORAMIENTO DE FRIJOL EN EL INIFAP**

- El Programa de frijol del INIFAP continúa enfocado a generar variedades mejoradas que se desempeñen bien en los campos de los agricultores y que tengan aceptación en el mercado nacional e internacional. Para alcanzar esta meta, los fitomejoradores toman en

cuenta las preferencias de los consumidores y las necesidades de los industriales.

- Se da prioridad a la generación de variedades mejoradas de frijol de mayor calidad en los tipos comerciales en los que hay grandes déficit y que actualmente se cubren mediante importaciones (frijol negro tipo Michigan y frijol pinto) y también a tipos de variedades con demanda en otros países para poder exportar. Un ejemplo de esto último es una creciente demanda en los EUA del tipo rosa de castilla y peruano y otros granos de baja demanda en México (Pérez *et al.*, 2002).
- Dada la tendencia decreciente en el consumo *per cápita* y la creciente demanda de productos con valor agregado, se requiere una coordinación cercana entre investigadores, productores y procesadores de alimentos para asegurar que las nuevas variedades cumplan con los requerimientos de la industria para ser procesadas.
- Para impulsar el consumo de frijol en el país, los investigadores deben dar a conocer al público en general, las propiedades alimentarias y nutracéuticas recién descubiertas en el frijol (Guzmán *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2002; Salinas-Moreno *et al.*, 2004) y que tienen que ver con la disminución en la incidencia de algunas enfermedades crónico-degenerativas. Por ejemplo, el consumo de frijol puede contribuir al control de la diabetes, enfermedad ampliamente distribuida en México.

**Semilla de nuevas variedades.** La escasez de semilla, implica el establecimiento de un programa de desarrollo para impulsar el uso de nuevas variedades. Es necesario cubrir dos aspectos:

a) Identificar mecanismos de financiamiento estables, que permitan al programa de frijol y organizaciones de productores del estado fijar prioridades y hacer planes de mediano y largo plazo para promover las nuevas variedades, sin causar una falta de continuidad en la distribución de semilla.

b) Proporcionar entrenamiento a los agricultores en las prácticas de manejo requeridas para preservar la calidad de la semilla de un ciclo a otro, de tal manera que el programa no tenga que proveer semilla a los mismos agricultores cada año y por lo tanto más agricultores se beneficiarán del programa de distribución de semilla.

La calidad de la semilla que se va a utilizar es un aspecto muy importante que hay que cuidar antes de la siembra. Por ello, la semilla deberá tener por lo menos 85% de viabilidad, es decir que de cada 100 semillas que se siembren al menos 85 germinen y emerjan. Para ello, si se compra semilla certificada hay que asegurarse de que cumpla con éste y otros requisitos de calidad. Si se utiliza semilla con dudosa calidad o se tiene semilla de la cosecha anterior, es conveniente realizar pruebas de germinación, para lo cual se toman al azar cuatro muestras de 100 semillas de cada uno de los costales de semilla que se vayan a utilizar en la siembra.

Las semillas de cada muestra se ponen a germinar por separado en pequeñas bandejas con arena y para ello se cubre la semilla con una capa uniforme de 2 a 3 cm de este material. También se pueden utilizar varias capas de papel absorbente en la prueba. Las bandejas se mantienen en un lugar cálido y soleado, manteniendo la arena húmeda hasta la emergencia de las plántulas. Se contabilizan las plántulas que emergieron y si de cada 100 semillas sembradas emergen 85 plántulas o más, la semilla será apta para la siembra. En caso de que la capacidad germinativa sea inferior, se tienen dos opciones: una es incrementar la cantidad de semilla a utilizar y la segundo utilizar otra semilla de mayor calidad. Esta sencilla prueba ayuda a evitar problemas de campo y contribuye a obtener una población adecuada de plantas y rendimientos mayores.

Si va a utilizar la semilla propia, es importante eliminar los granos manchados ya que pueden estar infectados por alguna enfermedad. El grano de frijol también puede estar contaminado superficialmente con



enfermedades, el tratamiento a la semilla con algún fungicida e insecticida protegerá a las plántulas beneficiando su establecimiento. Se recomienda el tratamiento de ésta con productos fungicidas como Thiram 50 PH a razón de 120 a 150 gramos por cada 100 kilos de semilla o Captan 75 PM de 300 a 350 gramos por cada 100 kilos de semilla.

En caso de ser necesario, por la presencia de insectos o las larvas de estos en el suelo como la gallina ciega, es recomendable aplicar productos químicos insecticidas como el Lindano, Orthene, Actellic o K-obiol según las indicaciones impresas en la etiqueta de cada producto. Debe verificar que los productos a utilizar no hayan caducado.

Para el almacenamiento de la semilla es necesario cuidar que ésta no tenga impurezas (paja, piedras, tierra, semilla de maleza) y mezclas (granos de otro color, forma, tamaño y brillo). Esto para evitar la pérdida de pureza genética de la variedad. Un vez que se disponga del grano limpio y con la humedad adecuada (menos de 14%), es importante mantenerlo en buen estado. Para ello, se recomienda almacenarlo en lugares secos, frescos, bien ventilados, limpios y libres de insectos y roedores. En el caso de que el grano presente infestación de gorgojos, éstos se pueden controlar con el fumigante (Agro-Fum 57), para lo cual es necesario poner el grano en un cuarto o almacén que cierre herméticamente, o envolver en plástico y aplicar dos pastillas por metro cúbico. Es recomendable dejar al grano en fumigación por lo menos 72 horas (tres días) y después ventilarlo.

## **6. PERSPECTIVAS**

Los incrementos en el rendimiento del frijol en México no se deben exclusivamente al desarrollo de nuevas y mejores variedades (*i.e.* al mejoramiento genético), sino también a los avances en el manejo

agronómico del cultivo. Es decir, aunado al desarrollo de variedades deben afinarse las prácticas agronómicas sobre todo al considerar que variedades de diferente hábito de crecimiento y ciclo de cultivo requieren diferentes cantidades de insumos. Así mismo, diferentes suelos necesitan diferentes cantidades de fertilizantes, mismos que se definen por medio de un análisis físico-químico.

En años recientes se han intensificado las investigaciones para optimizar el uso del agua en ambos sistemas de producción, riego y temporal; así como aquellas tendientes a disminuir la erosión del suelo, problemas que no pueden resolverse con el mejoramiento genético. Para la utilización de estas tecnologías, los productores deben estar convencidos de la necesidad de conservar y mejorar las condiciones de sus tierras para su propio beneficio y de las futuras generaciones.

Finalmente, reconocemos que las variedades locales, nativas o criollas poseen características que las hacen valiosas, por ejemplo están bien adaptadas a su área de producción en base a su siembra y selección natural y artificial por varias generaciones o bien la demanda local, e inclusive regional, de su grano es alta.

Este tipo de variedades son la base de proyectos de mejoramiento y parte de nuestra tarea es eliminar sus defectos e incorporar las resistencias necesarias, al mismo tiempo que se acorta su ciclo de cultivo. Mientras nosotros logramos desarrollar las nuevas variedades, se pueden utilizar las variedades locales y seguir las otras tecnologías de producción sugeridas por los investigadores y técnicos, las prácticas agronómicas que se sugieren son adecuadas a todo tipo de variedad.

## 7. LITERATURA CITADA

- Acosta-Gallegos, J. A., F. J. Ibarra-Perez, R. Rosales-Serna, P. Fernandez-Hernandez, A. Castillo-Rosales and J. D. Kelly. 2001b. Registration of 'Mestizo' pinto bean. *Crop Sci.* 41:1645-1646.
- Acosta-Gallegos, J. A., F. J. Ibarra-Perez, R. Rosales-Serna, A. Castillo-Rosales, B. Cázares-Enríquez, P. Fernandez-Hernandez, and Kelly, J.D. 2001c. Registration of 'Negro Altiplano' common bean. *Crop Sci.* 41:1650.
- Acosta-Gallegos, J. A., Castellanos, J. Z., Nuñez-Gonzalez, S., R. Ochoa-Marquez, R. Rosales-Serna, and Singh, S.P. 1995b. Registration of "Flor de Mayo M38" common bean. *Crop Sci.* 35:941-942.
- Acosta, J. A., E. Acosta, J. S. Padilla-Ramírez, M. A. Goytia, R. Rosales y E. Lopez. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequia del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana* 10(1):83-90.
- Acosta-Gallegos, J. A., R. Rosales-Serna R, R. Navarrete-Maya y E. López-Salinas. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agric. Téc. Méx.* 26:79-98.
- Ayala, G., A. V. 2006. Competitividad del frijol en México, en un contexto de apertura comercial. Tesis de Doctorado CIEESTAAM, UACH, Estado de Mexico, 259 p.
- Beaver, J. S., J. C. Rosas., J. Myers, J. A. Acosta-Gallegos, J. D. Kelly, S. Nchimbi-Misolla, R. Misangu, J. Bokosi, S. Temple, E. Arnaud Santana, and D. P. Coyne. 2003. Contribution of the Bean/Cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. *Field Crops Res.* 82:87-102.
- Cárdenas, R.F. 2000. Investigación agrícola sobre frijol en México durante el periodo 1943 a 1980. *Agric. Téc. Méx.* 26:63-78.
- Castellanos, J. Z., H. Guzmán M., A. Jiménez, C. Mejía, J. J. Muñoz R., J. A. Acosta G., G. Hoyos, S. L. López, E. D. González, R. Salinas P., A.J. González, V. J. A. Muñoz, P. Fernández H., and B. Cázares. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Arch. Lat. Nutr.* 47:163-167.
- Castellanos-Ramos, J. Z., S. H. Guzmán-Maldonado, J.A Acosta-Gallegos, and J. D. Kelly. 2003. Registration of Flor de Junio Marcela bean cultivar. *Crop Sci.* 43:1121-1122

- Castellanos Ramos J. Z., H. Guzmán-Maldonado, J. J. Muñoz-Ramos y J. A. Acosta Gallegos. 2003. Flor de Mayo Anita, nueva variedad de frijol para la región Central de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:209-211.
- Esquivel E., G., J. A. Acosta G., J. Ortiz, C. M. C. Mendoza C, J.S. Padilla R. 2004. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de frijol en el Altiplano Central de México. *Agric. Tec. Mex.* 30:19-27
- Gonzalez-Ramirez, H., R. H. Bersten, y J. A. Acosta-Gallegos, J. A. 2003. Evaluación económica de la inversión para la investigación en frijol en el Norte de México. *Agricultura Técnica en México* 29:125-134
- González-Ramírez. H. 2004. Economic evaluation of bean-research investment in Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 47:307-308
- Guzmán-Maldonado, S. H., J. A. Acosta-Gallegos, M. A. Álvarez-Muñoz, S. García-Delgado, y G. Loarca-Piña. 2002. Calidad Alimentaria y Potencial Nutracéutico del frijol (*Phaseolus, vulgaris* L.). *Agric. Téc. Méx.* 28:159-173
- Ibarra-Perez, J.F., J. A. Acosta-Gallegos, B. Cazares-Enriquez, R. Rosales-Serna, and J.D. Kelly. 2000. Registration of Flor de Mayo Sol common bean. *Crop Sci.* 45:2657-2658.
- Perez-Herrera, P., G. Esquivel-Esquivel, R. Rosales-Serna, y J.A. Acosta-Gallegos. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del Altiplano subhúmedo de México. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 52:172-180
- Pallottini, L., E. Garcia, J. Kami, G. Barcaccia, and P. Gepts. 2004. The genetic anatomy of a patented yellow bean. *Crop Sci.* 44: 968-977.
- Rosales-S., R., J. A. Acosta G., J.S. Muruaga M., J. M. Hernandez C., G. Esquivel, G. y P. Perez. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6 Dirección Agrícola, INIFAP-CIRNE-CEVAG p.147
- Rosales Serna, R., J. A. Acosta-Gallegos, R. P. Durán-Durán, H. Guillén-Andrade, P. Pérez-Herrera, G. Esquivel-Esquivel y J. S. Muruaga-Martínez. 2003. Diversidad genética del germoplasma mejorado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Agric. Téc. Méx.* 29:11-24.
- Salinas-Moreno, Y., L. Rojas-Herrera, P. Perez-Herrera, and E. Sosa-Montes. 2004. Anthocyanins in two genetic races and recombinant cultivars of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 47:185-186
- Sánchez V., I. F. J. Ibarra P., R. Rosales S., S. P. Singh y J. A. Acosta G. 2001. Pinto Saltillo: nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. *Agric. Téc. en Méx.* 27: 73-75.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México 1990-2000. CEA-SAGAR, México. 52 p.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2006. Información Agrícola. Avances mensuales por estado (En línea) <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultada el 6 de noviembre de 2006.
- Voysest, V. O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

## Capítulo 7

### RESPUESTA DEL FRIJOL A LA SEQUÍA

J. S. Padilla Ramírez<sup>1</sup>, J. A. Acosta Gallegos<sup>2</sup>, E. S. Osuna Ceja<sup>1</sup>, E. Acosta Díaz<sup>3</sup> y M. A. Martínez Gamiño<sup>4</sup>

#### RESUMEN

La cantidad y distribución de la precipitación juegan un papel fundamental en el rendimiento de grano de frijol bajo condiciones de temporal, especialmente en la etapa reproductiva. La adaptación del desarrollo fenológico del cultivo a la disponibilidad de humedad durante el ciclo del cultivo, tiene un papel importante en el rendimiento de grano. Se ha observado que la precocidad del frijol es una estrategia importante para enfrentar la sequía, considerando que los días a floración deben ser entre 40 a 45, mientras que la madurez no debe ser mayor de 90 días. Con este ciclo, los genotipos de frijol pueden tener mayor estabilidad en la producción. La acumulación de biomasa y la eficiencia de traslocación de fotoasimilados, reflejados en un alto índice de cosecha y una elevada tasa de asimilación en el grano, son buenos indicadores para detectar genotipos sobresalientes bajo condiciones de humedad limitada.

#### 1. ANTECEDENTES

En México, el frijol es uno de los componentes básicos en la alimentación de la población, siendo una fuente importante de proteínas de origen vegetal, con un consumo de 11 a 13 kilogramos por persona por año, lo cual significa que se requiere un volumen de 1.3 millones de toneladas de frijol para satisfacer la demanda anual (Zepeda, 2005). El frijol representa el segundo cultivo en importancia nacional, por la superficie sembrada anualmente, en su mayor parte bajo condiciones de temporal.

Uno de los principales factores limitantes en la producción del cultivo de frijol en la región del Altiplano semiárido de México es la escasa e irregular distribución de la precipitación. Esta región, se ubica en la parte

---

<sup>1</sup> Investigadores del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío CIRCE-INIFAP

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental General Terán-CIRNE-INIFAP

<sup>4</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP

norte-centro del país e incluye entre otros estados a Chihuahua, Durango, Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí que son los principales estados productores de frijol a nivel nacional. En el ciclo de primavera-verano de 2006, en estos estados se sembraron 1.1 millones de hectáreas de frijol bajo condiciones de temporal, mientras que bajo riego solo se sembraron 61 mil hectáreas en el mismo ciclo (SIAP, 2006). A esta superficie debe agregarse, el área que se dedica al cultivo del frijol en el Altiplano de Aguascalientes, Querétaro y Jalisco, cuyas condiciones agroecológicas son similares a la región del Altiplano Semiárido del norte-centro de México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie sembrada (hectáreas) de frijol bajo temporal y riego en la región norte-centro de México durante el ciclo primavera-verano de 2006.

| Estado               | Temporal         | Riego         |
|----------------------|------------------|---------------|
| Zacatecas            | 577,617          | 24,206        |
| Durango              | 252,474          | 1,811         |
| San Luis Potosí      | 101,985          | 6,115         |
| Guanajuato           | 90,152           | 8,595         |
| Chihuahua            | 78,747           | 20,456        |
| Jalisco <sup>1</sup> | 15,668           | 3,465         |
| Querétaro            | 21,000           | 2,000         |
| Aguascalientes       | 9,707            | 853           |
| <b>Total</b>         | <b>1'147,350</b> | <b>67,501</b> |

<sup>1</sup> En el estado de Jalisco, se considera principalmente la superficie del Altiplano Jalisciense, en el municipio de Ojuelos, la cual representa más del 50% del total bajo temporal en todo el estado.

En estas zonas, la precipitación promedio durante el ciclo del cultivo (junio-octubre) es de 250 a 350 milímetros y es común que ocurran períodos de sequía que pueden ir desde unos cuantos días hasta semanas en años extremadamente secos. Estos períodos secos se pueden

presentar en cualquier etapa después que inicia el temporal de lluvias y con ello el establecimiento de los cultivos, aunque en las condiciones del Altiplano, los períodos de sequía ocurren con más frecuencia en el mes de agosto y provocan una reducción considerable en el rendimiento del frijol, ya que coinciden en muchos casos con la fase reproductiva del cultivo (de prefloración al llenado de vainas) (CIAT, 1983), la cual es una de las etapas más sensibles a la sequía (Mojarro, 1977; Padilla, 1982; White e Izquierdo, 1989; Acosta y Kohashi, 1989; Abarca, 1992).

Otro aspecto de la precipitación en el semiárido, además de que en general es insuficiente la cantidad de lluvia para satisfacer los requerimientos del frijol, es que del total de la precipitación durante el ciclo del cultivo, un alto porcentaje de esta lluvia se presente durante las primeras fases del desarrollo del cultivo, mientras en etapas posteriores el frijol está sujeto a la sequía, siendo ésta de tipo intermitente o terminal, si ocurre uno o más periodos secos o en la etapa de llenado de grano del cultivo, respectivamente.

Lo anterior resulta en bajos rendimientos, así como en un alto riesgo en la producción de frijol bajo condiciones de temporal, por lo que se han planteado diversas alternativas para enfrentar esta problemática. Dichas alternativas incluyen desde el aspecto genético del cultivo, con la generación de variedades con adaptación a la sequía, de hábito de crecimiento indeterminado tipo III, de ciclo precoz y mayor índice de cosecha (Acosta *et al.*, 1999). En el Cuadro 2, se muestran algunas características comparativas entre variedades de frijol utilizadas en décadas anteriores (SARH-INIA-CIANOC, 1978) y las actuales, considerando además que en estas últimas se está buscando que sean de grano preferente y de alta calidad (Ibarra y Castillo, 1998; Rosales *et al.*, 2004a).

Otras acciones evaluadas para disminuir los riegos de producción del frijol en la región semiárida son las prácticas de conservación suelo y



agua que incluyen la labranza mínima, de conservación, surcado al contorno, pileteo, etc. Estas estrategias, además de incrementar la disponibilidad de agua para el cultivo, tienen como propósito disminuir la erosión, la cual conlleva a una degradación y empobrecimiento de la fertilidad de suelo.

Cuadro 2. Características de variedades anteriores y actuales de frijol.

| Características         | Anteriores                | Actuales                    |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Ciclo de cultivo        | Tardías (más de 110 días) | Precoces (menos de 90 días) |
| Reacción a enfermedades | Susceptibles              | Tolerantes                  |
| Índice de cosecha       | 20 – 30%                  | Más de 50%                  |
| Adaptación              | Específica                | Amplia                      |
| Grano                   | No preferente             | Preferente                  |

En este capítulo se presentan resultados de estudios realizados en la región semiárida del norte-centro donde se han evaluado diversos genotipos de frijol de diferente ciclo de cultivo bajo condiciones de temporal y con riego suplementario, donde se consideraron principalmente la relación de la cantidad y distribución de la lluvia con el rendimiento de grano, el papel de la precocidad como un mecanismo de escape a la sequía, así como la relación entre la acumulación de biomasa y la eficiencia en la producción de grano.

## 2. PATRÓN DE LLUVIA Y EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL

Con objeto de analizar la relación entre la distribución de la precipitación y el rendimiento de grano de frijol, se obtuvo información de trabajos realizados en la estación experimental de Sandoval, ubicada en el municipio de “El Llano”, Aguascalientes. Los datos se generaron de un total de ocho experimentos de campo durante el periodo de 2000 a 2005, donde se sembraron las siguientes variedades: Precoces (Pinto Villa, Pinto

Zapata y Azufrado Tapatío) y Tardías (Tlaxcala-62, Flor de Mayo M-38 y Bayo Criollo del Llano).

En cada lote se determinaron los días a floración y a madurez, así como el rendimiento de grano. Además se monitoreó la lluvia ocurrida en el ciclo del cultivo de una estación climatológica cercana a los lotes experimentales. La precipitación registrada se acumuló para el período vegetativo (PV), reproductivo (PR) y para todo el ciclo (TC), considerando que el PV fue de 40 y 50 días después de la siembra “dds” para los cultivares precoces y tardíos, respectivamente, mientras que el PR fue de los 41 a 85 y de 51 a 95 dds, respectivamente.

La precipitación acumulada durante el PV varió de 102 a 228 mm, mientras que para el PR fue de 22 a 189 mm y para TC la precipitación osciló de 148 a 325 mm. Del total de la precipitación, un promedio de 57 a 61% ocurrió antes de la floración y del 39 al 43% después de la floración del frijol (Cuadro 3). Estos datos son similares a los presentado por Padilla *et al.* (2004), quienes señalan que la precipitación acumulada en el período vegetativo del frijol fue de 60% y que solo 40% ocurre en el período reproductivo.

Lo anterior refleja que la etapa crítica para el frijol es durante la formación de vainas y el llenado del grano, ya que durante estas generalmente la cantidad de lluvia es menor, lo que pone en riesgo la producción del cultivo y su calidad, como fue el caso del año 2000 en el cual solo se acumularon 22 mm para los genotipos tardíos reflejándose en un pobre rendimiento de grano (248 kg/ha). En contraste, la primera fecha de siembra del 2003 y en el 2004, donde se acumularon en promedio 186 mm en el PR, el rendimiento de grano fue superior a los 1,000 kg/ha en ambos grupos de genotipos.

Cuadro 3. Fecha de siembra y precipitación acumulada en los períodos vegetativo (PV), reproductivo (PR) y en todo el ciclo del cultivo (TC) y el rendimiento medio de grano (RG) de las variedades precoces y tardías.

| Fecha de Siembra | Precoces          |                   |                   |              | Tardíos           |                   |                   |              |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
|                  | PV<br>-----<br>mm | PR<br>-----<br>mm | TC<br>-----<br>mm | RG<br>kg/ha  | PV<br>-----<br>mm | PR<br>-----<br>mm | TC<br>-----<br>mm | RG<br>kg/ha  |
| 30/06/00         | 102.0             | 46.0              | 148.0             | <b>651</b>   | 126.0             | 22.0              | 148.0             | <b>248</b>   |
| 27/06/01         | 138.0             | 84.0              | 222.0             | <b>733</b>   | 153.0             | 128.0             | 281.0             | <b>563</b>   |
| 14/06/02         | 169.2             | 119.8             | 289.0             | <b>456</b>   | 200.4             | 158.2             | 358.6             | <b>284</b>   |
| 08/07/02         | 136.4             | 99.6              | 236.0             | <b>492</b>   | 136.4             | 121.6             | 258.0             | <b>416</b>   |
| 14/07/03         | 126.6             | 188.8             | 315.4             | <b>1,633</b> | 203.2             | 121.4             | 324.6             | <b>1,504</b> |
| 29/07/03         | 224.4             | 78.4              | 302.8             | <b>1,098</b> | 227.6             | 79.4              | 307.0             | <b>1,007</b> |
| 13/07/04         | 139.0             | 184.4             | 323.4             | <b>1,128</b> | 146.0             | 177.4             | 323.4             | <b>1,398</b> |
| 05/07/05         | 180.4             | 103.0             | 283.4             | <b>852</b>   | 197.2             | 86.2              | 283.4             | <b>1,005</b> |

La relación entre la precipitación acumulada en cada uno de los períodos del cultivo con el rendimiento de grano mostró mayor asociación en el PR para los genotipos precoces ( $R^2=0.42$ ), mientras que para los tardíos, la asociación más estrecha se observó con la precipitación acumulada en todo el ciclo ( $R^2=0.22$ ) (Figura 1).

Estos resultados indican que la precipitación ocurrida después de la floración fue más importante para los genotipos precoces, cuyo rendimiento de grano se define en mayor proporción en esta etapa y se relaciona con un alto índice de cosecha (Abarca *et al.*, 1992), en contraste con las variedades tardías, donde el rendimiento de grano es más afectado por la lluvia acumulada durante todo el ciclo, es decir relacionado con la acumulación de biomasa total u un menor índice de cosecha (Acosta *et al.*, 2004). En ambos tipos de variedades, el mayor rendimiento se obtuvo

cuando la siembra se efectuó durante la primera quincena de julio y con una acumulación de lluvia durante el ciclo superior a 300 mm.

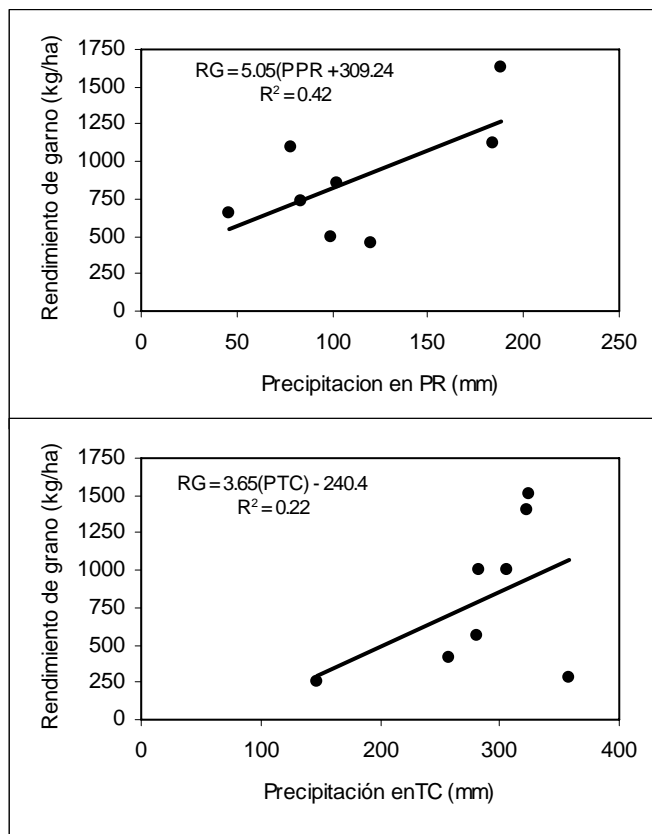


Figura 1. Relación entre la precipitación y el rendimiento de grano en variedades de frijol de ciclo corto (A) y tardías (B).

Por otra parte, estudios previos revelaron que para algunos sitios del Altiplano se observó una asociación negativa entre la fecha de inicio del período de lluvias y la precipitación total durante el ciclo del cultivo,

indicando que en esos sitios, con fechas tempranas de establecimiento de las lluvias es factible la utilización de genotipos tardíos, mientras que cuando las lluvias se establecen en fechas tardías, cultivares de ciclo precoz tendrían menos riesgos de ser expuestos a sequía o a las bajas temperaturas al final del ciclo.

Al respecto, en la región semiárida los días a floración y a madurez de variedades de frijol sensibles al fotoperíodo se reducen considerablemente en fechas de siembra tardías, sugiriendo que esta plasticidad fenológica es una respuesta adaptativa a las condiciones de aleatoriedad del establecimiento del ciclo de lluvias (Acosta y White, 1985).

### **3. PRECOCIDAD EN FRIJOL: MECANISMO DE ESCAPE A LA SEQUÍA**

El programa de mejoramiento genético de frijol del INIFAP ha puesto especial interés en el desarrollo y obtención de variedades adaptadas a las condiciones limitantes de la región semiárida de altura, considerando como una alternativa el ajuste del ciclo de los genotipos para escapar a la sequía (Acosta *et al.*, 1999). En este sentido, la precocidad de las variedades de frijol para el Altiplano de México debe ser una característica fundamental para reducir los riesgos en la producción del cultivo en estas zonas del país. En el Cuadro 4 se presentan datos de algunas características agronómicas de los seis genotipos evaluados (tres precoces y tres tardíos) bajo condiciones de temporal.

La cantidad y distribución de la precipitación afectó la respuesta de los genotipos en cada año y/o fecha de siembra. Sin embargo, los genotipos tardíos tuvieron menor rendimiento de grano en promedio para todos los años, en comparación a los genotipos precoces. Es decir, el rendimiento de grano de las variedades precoces fue más estable, lo que significa una disminución en los riesgos de producción. Padilla *et al.*, (2003) obtuvieron resultados similares, donde las variedades precoces rindieron en promedio 25% más que los tardíos.

Cuadro 4. Características agronómicas de seis variedades de frijol de temporal con diferente ciclo en Sandoval, Aguascalientes de 2000 a 2005.

| Fecha de siembra           | Genotipo    |              |                  |                   |              |               |
|----------------------------|-------------|--------------|------------------|-------------------|--------------|---------------|
|                            | Pinto Villa | Pinto Zapata | Azufrado Tapatío | Flor de Mayo M-38 | Tlaxcala-62  | Bayo El Llano |
| Rendimiento de grano kg/ha |             |              |                  |                   |              |               |
| 30/06/2000                 | 580         | 690          | 683              | 527               | 60           | 158           |
| 27/06/2001                 | 778         | 703          | 719              | 547               | 597          | 546           |
| 14/06/2002                 | 440         | 475          | 454              | 450               | 171          | 231           |
| 08/07/2002                 | 631         | 531          | 313              | 402               | 491          | 356           |
| 14/07/2003                 | 1,756       | 1,582        | 1,561            | 1,536             | 1,476        | 1,499         |
| 29/07/2003                 | 1,258       | 1,136        | 900              | 869               | 1,215        | 938           |
| 13/07/2004                 | 1,202       | 956          | 1,226            | 1,011             | 1,981        | 1,203         |
| 05/07/2005                 | 805         | 855          | 925              | 1,002             | 986          | 1,104         |
| <b>Promedio</b>            | <b>931</b>  | <b>866</b>   | <b>848</b>       | <b>793</b>        | <b>872</b>   | <b>754</b>    |
| Días a floración           |             |              |                  |                   |              |               |
| 30/06/2000                 | 41          | 38           | 38               | 46                | 55           | 50            |
| 27/06/2001                 | 44          | 42           | 43               | 56                | 56           | 56            |
| 14/06/2002                 | 47          | 46           | 46               | 56                | 58           | 57            |
| 08/07/2002                 | 44          | 42           | 44               | 51                | 49           | 49            |
| 14/07/2003                 | 39          | 38           | 41               | 50                | 51           | 50            |
| 29/07/2003                 | 40          | 41           | 41               | 53                | 51           | 51            |
| 13/07/2004                 | 42          | 42           | 44               | 51                | 51           | 50            |
| 05/07/2005                 | 42          | 41           | 42               | 50                | 52           | 52            |
| <b>Promedio</b>            | <b>42.4</b> | <b>41.3</b>  | <b>42.4</b>      | <b>51.6</b>       | <b>52.9</b>  | <b>51.9</b>   |
| Días a madurez             |             |              |                  |                   |              |               |
| 30/06/2000                 | 80          | 75           | 77               | 87                | 101          | 95            |
| 27/06/2001                 | 89          | 86           | 89               | 98                | 109          | 100           |
| 14/06/2002                 | 88          | 87           | 88               | 95                | 115          | 97            |
| 08/07/2002                 | 83          | 81           | 84               | 90                | 97           | 91            |
| 14/07/2003                 | 84          | 88           | 90               | 99                | 100          | 95            |
| 29/07/2003                 | 89          | 90           | 92               | 96                | 97           | 93            |
| 13/07/2004                 | 84          | 82           | 85               | 96                | 97           | 98            |
| 05/07/2005                 | 84          | 83           | 85               | 91                | 94           | 92            |
| <b>Promedio</b>            | <b>85.1</b> | <b>84.0</b>  | <b>86.3</b>      | <b>94.0</b>       | <b>101.3</b> | <b>95.1</b>   |

Los días a floración y a madurez fisiológica fueron 10 más en los genotipos tardíos que en los precoces. La relación entre los días a floración y a madurez con el rendimiento, presentó una tendencia negativa: a mayor número de días a floración o a madurez, el rendimiento de grano tendió a ser menor (Figura 2).

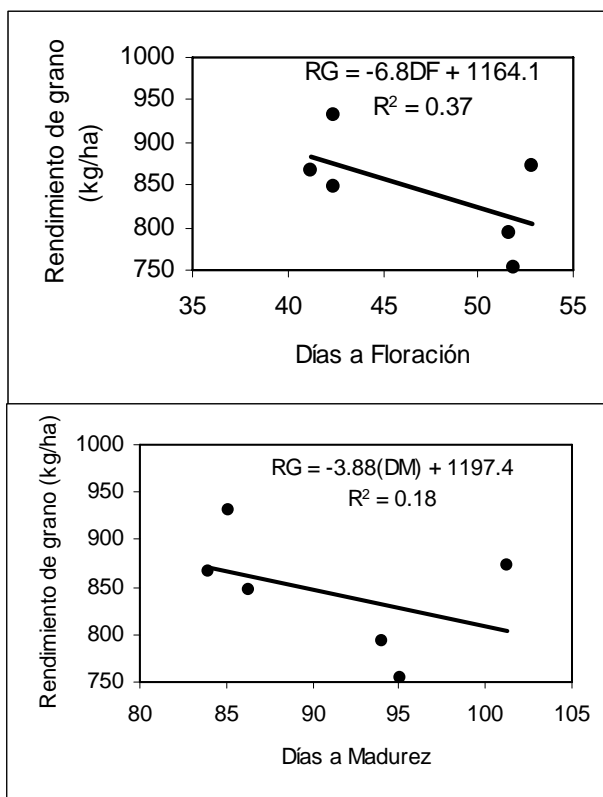


Figura 2. Relación entre los días a floración y a madurez con el promedio de rendimiento de grano de seis genotipos de frijol. Sandoval, Aguascalientes.

Estos resultados confirman que la precocidad tanto a floración (40-45 días) como a madurez (85-90 días) debe ser una característica

fundamental en los genotipos a ser recomendados para el Altiplano Semiárido de México, lo cual coincide con lo reportado previamente por Acosta *et al.*, (1998); Rosales *et al.*, (2001) y Rosales *et al.*, (2004b). La asociación negativa de la duración del ciclo (días a floración y a madurez) con el rendimiento de grano sugiere que la planta de frijol responde a la sequía acortando la duración del período de llenado de grano (Ramírez y Kelly, 1998).

#### **4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR, BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL BAJO TEMPORAL**

El valor del índice de área foliar es un parámetro fisiológico que expresa la capacidad de la actividad fotosintética, de la cual depende la acumulación de biomasa y el rendimiento de grano de los cultivos. Por lo anterior, es importante proveer a las plantas de las condiciones favorables para que alcancen un máximo desarrollo foliar. Sin embargo, bajo temporal en el Altiplano las condiciones ambientales por lo general no son las adecuadas para que el frijol logre un óptimo desarrollo foliar, limitando su potencial de rendimiento de grano.

Padilla *et al.*, (2005a) señalan que los valores máximos del índice de área foliar (IAF) observados en tres genotipos de frijol bajo temporal en Aguascalientes fue de 1.10. Este valor es similar a lo encontrado por Medina *et al.*, (2003) mencionando valores de IAF de 1.20 a 1.50 en frijol de temporal en el estado de Zacatecas. Estos valores representan apenas la mitad del valor señalado como valor crítico (3.00 a 4.00) para interceptar el 95% de la radiación (Immer *et al.*, 1977; White e Izquierdo, 1989). Este limitado desarrollo del área foliar se explica como una modulación de las plantas cuando son sometidas a condiciones limitadas de humedad para ajustar la pérdida de agua por transpiración (Passioura, 1996). Además, el sistema de siembra en surcos a 76 cm en condiciones deficitarias de humedad es conducente a un bajo IAF.



Con el propósito de explicar las bases biológicas de la adaptación a la sequía de los cultivos, se han estudiado diversas características fenológicas, morfológicas y fisiológicas en frijol (Ramirez and Kelly, 1998; Acosta *et al.*, 2004).

Entre otras, las que expresan la proporción de los fotosintatos que son trasladados al grano pueden contribuir a la selección de genotipos más eficientes en condiciones limitadas de humedad. Padilla *et al.*, (2005b) analizaron la contribución al rendimiento de grano por la biomasa total, el índice de cosecha (proporción de rendimiento de grano con relación a la biomasa aérea total), la duración del ciclo (días a madurez) y la tasa diaria de acumulación del peso en el grano en un grupo de genotipos de frijol bajo condiciones de temporal (Figura 3). Las variedades con mayor potencial de rendimiento de grano bajo temporal, serían aquellos con la mayor biomasa producida y valores altos del índice de cosecha y tasa de asimilación con menos días a la madurez.

Wallace y Masaya (1988) proponen un sistema de análisis de rendimiento en frijol con el que es posible seleccionar materiales sobresalientes basados en la relación entre la biomasa total, el rendimiento de grano y los días a floración y a madurez, asumiendo que la biomasa y el índice de cosecha son componentes esenciales del rendimiento de grano en frijol. Passioura (1996) señala también que el índice de cosecha es un componente importante en el rendimiento y que depende de la adaptación de la fenología del cultivo al ambiente en relación a los cambios temporales de la disponibilidad de agua.

Otros reportes indican que además de la adaptación fisiológica al estrés hídrico así como un alto índice de cosecha, un mayor potencial de rendimiento de grano expresado en condiciones favorables (riego), es fundamental para obtener mayor estabilidad en el rendimiento de grano bajo condiciones de sequía terminal (Acosta *et al.*, 2004).

Con respecto a la anterior, se ha sugerido que una manera efectiva para el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol, podría estar basada en la selección de genotipos con alta media geométrica del rendimiento de grano al establecer el cultivo bajo condiciones de estrés y no estrés hídrico (Ramírez y Kelly, 1998).

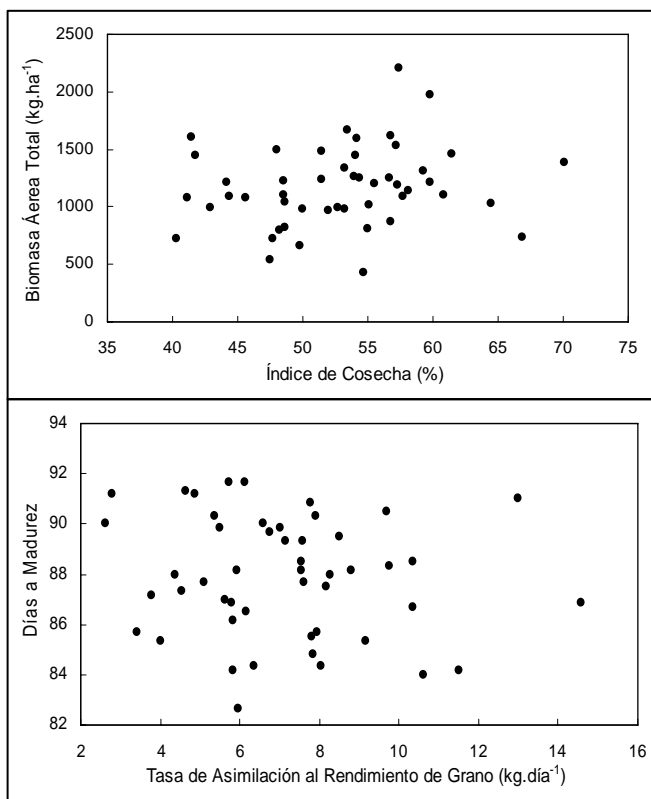


Figura 3. Relación entre biomasa total y el índice de cosecha (A) y días a madurez y la tasa diaria de acumulación del peso de grano en un grupo de 49 genotipos de frijol bajo temporal en Sandoval, Ags.

## 5. LITERATURA CITADA

- Abarca H. S., Araya V. R., Chaves F. C. A. y Rivera G. J. C. 1992. Efecto del déficit hídrico en varias etapas de desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Huetar). In: Quick Bibliographies No. 16. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 1.
- Acosta Díaz E., Trejo Lopez C., Ruiz Posadas L. M., Padilla Ramirez J. S. y Acosta Gallegos J. A. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*. 22: 49-58.
- Acosta Gallegos J. A. and White J. W. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. *Crop Sci*. 35:199-204.
- Acosta Gallegos J. A. and Kohashi Shibata J. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crops Res*. 20:81-93.
- Acosta Gallegos J. A., Acosta Díaz E., Padilla Ramírez S., Lopez Salinas E., Salinas Perez R. A. and Kelly J. D. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Rep. Bean Improvement Cooperative*. 41:151-152.
- Acosta Gallegos J. A., Acosta Díaz E., Padilla Ramírez S., Goytia Jiménez M. A. Rosales Serna R. y Lopez Salinas E. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*. 10:83-90.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común; Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Fernández F., Gepts P., López M. Producción: Ospina H. F. Colaboración: Hidalgo R. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 26 p.
- Ibarra Pérez F. y Castillo Rosales A. 1998. Mejoramiento genético del frijol. (Nuevas variedades de frijol para temporal). In: *Tecnología para aumentar la productividad del frijol en Durango*. SAGAR-INIFAP. Pub. Especial Núm. 12. p. 24-42.
- Immer A. M., Fischer R. A. and Kohashi S. J. 1977. Effects of plant density and thinning on high-yielding dry beans (*Phaseolus vulgaris*) in Mexico. *Exp. Agric*. 13:325-335.
- Medina G. G., Tiscareño L. M., Báez G. A D., Acosta D. E., Gutiérrez L. R., Echevarria Ch. F. G. y Amador R. M. D. 2003. Sistema de monitoreo agroclimático y predicción de cosechas para el estado de Zacatecas

- (Avances). In: Memoria del Simposio binacional de modelaje y sensores remotos en agricultura. México-USA. Aguascalientes, Aguascalientes, México. p. 212-218.
- Mojarro Dávila F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos fisiológicos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 140 p.
- Padilla Ramírez J. S. 1982. Influencia de tres niveles de humedad aprovechable, en dos etapas fenológicas, sobre el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 74 p.
- Padilla Ramírez J. S., Ochoa Marquez R., Acosta Díaz E., Acosta Gallegos J. A., Mayek Perez N. and Kelly J. D. 2003. Grain yield of early and late dry bean genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 46:89-90.
- Padilla Ramírez J. S., Acosta Díaz E., Gaytan Bautista R., Acosta Gallegos J. A., Esquivel Esquivel G., Mayek Perez N. and Kelly J. D. 2004. Rainfall pattern and seed yield of dry bean in the semiarid highlands of Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv.* 47:291-292.
- Padilla Ramírez J. S., Acosta Díaz E., Gaytán Batista R. y Rodríguez Moreno V. M. 2005a. Índice de área foliar en frijol de temporal y su relación con biomasa y rendimiento. *Agric. Téc. Méx.* 31(2):213-219.
- Padilla Ramírez J. S., Acosta Gallegos J. A., Acosta Díaz E., Mayek Pérez N. and Kelly J. D. 2005b. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non stressed dry bean genotypes. *Ann. Rep. Bean Improv.* 48: 152-153.
- Passioura J. B. 1996. Drought and drought tolerance. *In: Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis.* E. Blehassen (Ed.). Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp. 1-6.
- Ramírez Vallejo P. and Kelly J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica.* 99: 127-136.
- Rosales Serna R., Ochoa Marquez R. y Acosta Gallegos J. A. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia.* 35:513-523.
- Rosales Serna R., Acosta Gallegos J. A., Muruaga Martínez J. S., Hernández Casillas J. M., Esquivel Esquivel G. y Pérez Herrera P. 2004a. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6. SAGARPA, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 148 p.
- Rosales Serna R., Kohashi Shibata J., Acosta Gallegos J. A., Trejo Lopez C., Ortiz Cereceres J. and Kelly J. D. 2004b. Biomass distribution, maturity

acceleration and yield in drought –stressed common bean cultivars. *Field Crop Res.* 85:203-211.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro (SARH-INIA-CIANOC). 1978. Informe Técnico. Programas de frijol y maíz. J. L. Chan C. (ed.). 50 p.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2006. Información Agrícola. Avances mensuales por estado (En línea) <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultada el 6 de noviembre de 2006.
- Wallace D. H. and Masaya P. N. 1988. Using yield trial data to analyze the physiological genetics of yield accumulation and the genotype x environment interaction on yields. *Ann. Rep. Bean Improv.* 31: vii-xxiv.
- White J. W. and Izquierdo J. 1989. Dry bean: Physiology and yield potential and stress tolerance. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Food and Agriculture Organization (FAO), Regional Office for Latin America and the Caribbean. Santiago de Chile, Chile. 91 p.
- Zepeda del Valle, J. M. 2005. La competitividad de la cadena productiva de frijol en Zacatecas. UACH. Dirección de Centros Regionales. Centro Regional Universitario Centro-Norte. 199 p.
- Voysest, V.O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

## Capítulo 8

# LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DEL FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO DE AGUASCALIENTES

E. S. Osuna-Ceja<sup>1</sup>; J.S. Padilla-Ramírez<sup>2</sup>; M. A. Martínez-Gamiño<sup>3</sup> y J.A. Acosta-Gallegos<sup>4</sup>

## RESUMEN

En el Altiplano semiárido de Aguascalientes, la fertilización foliar es una alternativa de suministro de nutrientes en el cultivo de frijol de temporal debido a la baja fertilidad de los suelos y a la escasa y errática distribución de la lluvia que limitan la disponibilidad y asimilación de nutrientes en la región. Bajo este sistema de fertilización la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos; algunos componentes de ésta participan en la absorción de iones. La aspersión foliar con soluciones que contienen fertilizantes es más común para el suministro de micronutrientes; sin embargo, la aplicación foliar de N y P durante la floración o llenado de vaina ha manifestado su eficiencia en la respuesta positiva del cultivo. Consideraciones generales para realizar la fertilización foliar: aplicar en la mañana o en la tarde para evitar quemaduras de hojas; la mejor fuente de N y P es la urea y el ácido fosfórico (se recomienda aplicar 12 y 6 Kg de N y P ha<sup>-1</sup> en 600 litros de agua), al 2 y 1% en total la concentración de la solución a asperjar. Esta práctica además de los beneficios que presenta para corregir deficiencias nutrimentales de la planta, mejora el rendimiento por unidad de área y la relación beneficio-costos es más alta que con la fertilización inicial al suelo.

## 1. ANTECEDENTES

En el Altiplano semiárido de Aguascalientes la agricultura de temporal es uno de los principales medios de subsistencia de la mayoría de la población rural; el frijol es un cultivo importante en esta región y constituye un componente esencial en la dieta de las familias campesinas. Sin embargo, su rendimiento medio bajo temporal es de 0.32 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2005 en línea).

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP. osuna.salvador@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP.

<sup>4</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP

La baja producción en relación con la media nacional (0.65 ton ha<sup>-1</sup>), se atribuye entre otras causas a la escasa y errática distribución de la lluvia (350-400 mm), presencia de heladas tempranas, suelos poco profundos y con bajo nivel de fertilidad natural, que ocasionan un período de cultivo muy corto (90-110 días) y un alto riesgo de ocurrencia de sequía en la región.

La baja capacidad de almacenamiento de humedad en el suelo, ocasiona problemas de sequía durante diversas etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo, en la mayoría de los años (Osuna, 1997). Por tanto, en condiciones de temporal deficiente, la fertilización mineral al suelo, es prácticamente nula, debido a que ésta requiere condiciones de buena humedad para su disociación y absorción por las raíces de la planta.

La fertilización en el cultivo de frijol, es una práctica necesaria, para incrementar su rendimiento, aún bajo condiciones limitadas de humedad. El abastecimiento nutrimental vía fertilización al suelo durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo es un factor determinante en la definición del rendimiento potencial (Eibner, 1986; Trinidad y Aguilar, 1999; Osuna *et al.*, 2000).

Sin embargo, en el Altiplano semiárido de Aguascalientes, la baja precipitación es un factor limitante para la aplicación de fertilizantes químicos al suelo, ya que, implica un alto riesgo de pérdida porque cuando se realiza (la mayoría de los cultivos de temporal entre ellos el frijol se fertilizan con la dosis 40-40-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK), ésta se aplica al momento de la siembra. Por lo tanto, si se suspende la lluvia durante el ciclo del cultivo y se presenta un período de sequía prolongado en la etapa de floración o llenado de vaina, la respuesta a la fertilización edáfica es ineficiente y se pierde su efectividad y la inversión del fertilizante. De aquí, que es necesario optar por la fertilización foliar, dado que en estas condiciones de secano es más ventajosa y eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica (Osuna *et al.*, 2000).

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el rendimiento de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986). Se reconoce, que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. Sin embargo, habrá casos como éste en los que la fertilización foliar sea una práctica más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, cuya efectividad permita explotar al máximo el potencial de rendimiento de las variedades mejoradas aptas para estas condiciones de secano (Osuna, 1999).

Por esta razón, la ventaja de complementar o en un momento dado sustituir la fertilización mineral al suelo con la fertilización foliar a través del uso de nutrientes solubles en agua; asperjado al follaje durante las etapas críticas del cultivo, es un aspecto fundamental en este sistema de producción, ya que al proporcionarle los nutrientes a la planta de manera directa, eficiente y oportuna, garantiza que el frijol presente una buena respuesta en el rendimiento de grano, especialmente en tierras poco profundas, erosionadas y de baja fertilidad como las de esta región del Altiplano semiárido de Aguascalientes.

## **2. FERTILIZACIÓN FOLIAR**

La fertilización foliar se puede convertir en una práctica común e importante para los productores de la región, porque mediante ésta se podrían corregir algunas deficiencias nutrimentales de las plantas, favorecer el buen desarrollo del cultivo y mejorar el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero si es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o complementar los requerimientos nutricionales del cultivo que no se puede abastecer mediante la fertilización común al suelo. El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo. Es



por ello, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas de desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica (Chaves, 1998; Echeverría *et al.*, 2001; Ferraris, 2001; Ferraris y Conreto, 2002; Franke, 1986; García, 2000; García, 2004).

La fertilización foliar es una técnica de nutrición instantánea, que aporta los elementos esenciales al cultivo de frijol, mediante la pulverización de soluciones diluidas en agua y aplicada directamente sobre las hojas. Esta práctica es una alternativa de suministro de nutrientes cuando las condiciones físico-químicas del suelo no son las óptimas para aportar las cantidades requeridas por la planta (Torres, 2000).

La fertilización foliar contribuye a corregir problemas de deficiencias de nutrientes de manera inmediata y en los momentos críticos, donde los requerimientos del cultivo son superiores a su capacidad de absorción desde el suelo (Gavi, 2004; Giskin, 1984; Miranda, 1997).

Sin embargo, la fertilización foliar no reemplaza a la fertilización al suelo, ya que la primera es una acción complementaria a la segunda, utilizándose en los cultivos como el frijol en los momentos críticos (etapa de floración y llenado de vaina) y en situaciones donde la absorción no cubre los requerimientos del cultivo debido a que las condiciones climáticas no permiten la disgregación del fertilizante en el suelo en forma asimilable (Kovacs, 1986; Malavolta, 1986).

Entre las principales ventajas de la fertilización foliar se pueden mencionar las siguientes: 1) Nutre al cultivo en momentos críticos, 2) corrige deficiencias de micronutrientes, 3) aporta nutrientes a los cultivos en condiciones de inmovilización temporal en el suelo, 4) se independiza de las condiciones ambientales, de la disolución y transformación de los fertilizantes en el suelo, 5) alta efectividad de absorción de nutrientes y 6) no hay pérdidas por escurrimiento y/o evaporación de la solución asperjada (Trinidad y Aguilar, 1999).

Por otra parte, debe señalarse que las plantas son reconocidas por su autosuficiencia alimenticia y subsistencia bajo diferentes condiciones abióticas. Esto es gracias a sus órganos especializados, tales como las hojas. Ellas no sólo son las estructuras principales de elaboración de alimentos, sino también de entrada de elementos vitales, como el bióxido de carbono, agua, oxígeno y nutrientes necesarios para su crecimiento. Esta capacidad de absorción, es aprovechada cuando ocurre algún factor adverso, en particular la falta de humedad en el suelo que limita la disponibilidad y asimilación de nutrientes para la planta, principalmente en la etapa de prefloración (etapa temprana), floración y aparición de vainas, según la variedad. El abastecimiento de agua hasta la formación de grano y llenado de vainas de la planta (etapa tardía) es crucial para que ésta aproveche eficientemente los nutrimentos aplicados por aspersión y lograr buenos rendimientos (Jyung and Wittwer, 1964; Loewy, 2004; Ordoñez y Palma, 1993; Tisdale *et al.*, 1985).

La nutrición es un pilar importante sobre el cual se sustenta el rendimiento final. Es por ello, que la fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, constituye una práctica complementaria, misma que es posible por la entrada de nutrientes a través de los estomas y cutícula foliar (Tisdale *et al.*, 1985; Trinidad, 2004).

Las etapas más importantes para la complementación con fertilización foliar, en un esquema de producción de cosecha son cuando el cultivo se encuentra en: prefloración (a los 25 y 30 días después de la siembra), floración (35 a 40 días después de la siembra) ó reproductiva, la cual corresponde al inicio de llenado de vaina (50 a 55 días después de la siembra). A partir de aquí, la deficiencia de agua es determinante para el rendimiento final, siendo responsable del 50 al 60% del mismo (FAO, 1985; IFDC, 1967).

La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta

condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la traslocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda (Trinidad, 2000).

La fertilización foliar, entonces, debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos nutrimentos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo.

La aplicación oportuna de nitrógeno, fósforo y potasio contribuye a completar las necesidades nutricionales del cultivo, dan energía, regulan el desarrollo de la planta y aumentan el área foliar y la duración de la misma. Esto último (la duración del área foliar) es de suma importancia en el frijol, ya que sólo una parte de la materia seca del grano proviene de las reservas del tallo y por tanto el llenado depende fundamentalmente de la fotosíntesis actual (Miranda, 1997; Swietlik y Faust, 1984).

### **3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTILIZACION FOLIAR**

Para el buen éxito de la fertilización foliar es necesario tomar en cuenta tres factores, los de la planta, ambiente y formulación foliar. En relación a la formulación foliar, la concentración de la sal portadora del nutrimento, el pH de la solución, la adición de coadyuvantes y el tamaño de la gota del fertilizante líquido, del nutrimento por asperjar se cita su valencia y el ion acompañante, la velocidad de penetración y la translocabilidad del nutrimento dentro de la planta. Del ambiente se debe de considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, humedad relativa y la hora de aplicación (Trinidad y Aguilar, 1999). De la planta se ha de tomar en cuenta la especie del cultivo, estado nutricional, etapa de desarrollo de la planta y edad de las hojas (Kovacs, 1986). A continuación se desglosa la importancia de algunos de ellos.

### 3.1 Relacionados con la formulación foliar

**pH de la solución.** La característica de la solución por asperjar es de primordial importancia en una práctica de fertilización foliar. El pH de la solución y el ion acompañante del nutriente por aplicar influyen en la absorción de éste en la hoja. El Cuadro 1 muestra estos efectos.

Cuadro 1. Efecto del pH y el catión acompañante del elemento por asperjar sobre la cantidad de P absorbido en microgramos ( $\mu\text{g}$ ), seis horas después de la aplicación.

| Ion<br>Acompañante           | pH                  |      |      |      |      |      |
|------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|
|                              | 2                   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|                              | P ( $\mu\text{g}$ ) |      |      |      |      |      |
| K <sup>+</sup>               | 1.47                | 0.96 | 0.16 | 0.11 | 0.11 | 0.08 |
| Na <sup>+</sup>              | 2.03                | 2.97 | 1.31 | 1.59 | 1.21 | 0.75 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 3.70                | 3.94 | 2.59 | 2.44 | 0.33 | 0.26 |

Fuente: Reed y Tukey (1978)

En el Cuadro 1 se observa que soluciones de pH ácido favorecen la absorción de fósforo y esta absorción es mayor con el ión acompañante Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que con el K<sup>+</sup> (Reed y Tukey, 1978).

**Surfactantes y adherentes.** La adición de surfactantes y adherentes a la solución favorece el aprovechamiento del fertilizante foliar. El mecanismo de acción de un surfactante consiste en reducir la tensión superficial de las moléculas de agua, permitiendo una mayor superficie de contacto con la hoja; un adherente permite una mejor distribución del nutriente en la superficie de la hoja evitando concentraciones de este elemento en puntos aislados cuando la gota de agua se evapora (Leece, 1976).

**Presencia de sustancias activadoras.** Actualmente se están haciendo estudios sobre el uso de sustancias activadoras en la absorción de nutrimentos por aspersión foliar. Los ácidos húmicos actúan como activadores y la urea también desempeña la misma función en la absorción de fósforo. En el caso de la urea ésta dilata la cutícula y destruye las ceras sobre la superficie de la hoja, facilitando la penetración del nutrimento (Malavolta, 1986).

**Nutrimento y el ion acompañante en la aspersión.** La absorción de nutrimentos está relacionada con la capacidad de intercambio catiónico en la hoja, y la valencia del ion influye en este intercambio. Los iones  $K^+$  y  $NH_4^+$  requieren sólo de un  $H^+$ ; por lo tanto, los iones monovalentes penetran con mayor facilidad que los iones con mayor número de valencias. Los iones más pequeños en su diámetro penetran más rápidamente que los iones de mayor tamaño (Fregoni, 1986). En el caso del fósforo, el amonio lo estimula en su absorción más que el  $Na^+$  o  $K^+$ . Los Cuadros 2 y 3 indican la movilidad y la velocidad de absorción de los nutrimentos, que podrían dar una idea de la facilidad con que penetran esos elementos en la hoja.

**Concentración de la solución.** La concentración de la sal portadora de un nutrimento en la solución foliar, varía de acuerdo con la especie de la planta. En general, los cereales soportan mayores concentraciones que algunas otras hojas menos cutinizadas, pero posiblemente sean las más eficientes en absorción foliar. La concentración de la urea que debe utilizarse de una especie a otra varía mucho, como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 2. Movilidad comparativa de diferentes nutrimentos en la planta.

| Muy móvil | Móvil | Parcialmente móvil | Inmóvil |
|-----------|-------|--------------------|---------|
| N         | P     | Zn                 | B       |
| K         | Cl    | Cu                 |         |
| Na        | S     | Mn                 | Ca      |
| Rb        |       | Fe                 | Sr      |
|           |       | Mo                 | Ba      |

Fuente: Fregoni (1986).

### 3.2 Relacionadas con el Ambiente

**Temperatura.** La temperatura influye en la absorción de nutrimentos vía aspersión foliar. Los datos que se presentan en el Cuadro 5 indican que el fósforo en las hojas de frijol se absorbe en mayor cantidad a 21°C que a 14 o 25°C (Jyung y Wittwer, 1964).

**Luz, humedad relativa y hora de aplicación.** Estos tres factores deben de tomarse en cuenta en la práctica de fertilización foliar. La luz es un factor importante en la fotosíntesis y para que una planta pueda incorporar nutrimentos en los metabolitos se requiere de un proceso fotosintéticamente activo en la planta. La humedad relativa influye en la velocidad de evaporación del agua que se aplica. Por consiguiente, una alta humedad relativa del medio favorece la penetración de los nutrimentos al mantener húmeda la hoja. Este último factor está relacionado con la hora de aplicación, la cual debe de practicarse o muy temprano o en las tardes, según las condiciones de la región (Swietlik y Faust, 1984).

Cuadro 3. Velocidad de absorción de diferentes nutrimentos en la hoja de frijol.

| Elemento | absorbidos después de |     |     |     |      |
|----------|-----------------------|-----|-----|-----|------|
|          | 6h                    | 24h | 48h | 96h | 192h |
|          | -----%-----           |     |     |     |      |
| R        | 55                    | 80  | 90  | 95  | 98   |
| K        | 50                    | 70  | 80  | 90  | 95   |
| Na       | 48                    | 65  | 70  | 80  | 90   |
| Cl       | 31                    | 40  | 50  | 60  | 80   |
| Zn       | 30                    | 50  | 60  | 65  | 70   |
| Ca       | 7                     | 28  | 35  | 50  | 70   |
| S        | 7                     | 22  | 30  | 45  | 60   |
| P        | 5                     | 15  | 25  | 35  | 50   |
| Mn       | 11                    | 20  | 22  | 30  | 40   |
| Ba       | 6                     | 21  | 30  | 40  | 65   |
| Sr       | 2                     | 10  | 18  | 30  | 34   |
| Fe       | 3                     | 6   | 8   | 12  | 15   |

Fuente: Fregoni (1986).

### 3.3 Relacionados con la planta

**Edad de la planta y hoja.** La aplicación foliar de nutrimentos también está afectada por el estado de desarrollo de la planta. Se indica, aunque existen pocos datos, que las plantas y hojas jóvenes son las que tienen mayor capacidad de absorción de nutrimentos vía aspersión foliar y desde luego

deben de tener un déficit de esos nutrimentos en su desarrollo. Entre especies también hay diferencias, y posiblemente esta diferencia esté fundamentalmente influenciada por el grado de cutinización y/o significación de las hojas. A mayor cutinización, lignificación y presencia de ceras en la hoja, habrá menor facilidad de absorción del nutrimento (Swietlik y Faust, 1984).

Cuadro 4. Concentración de la urea en la solución foliar aplicada a diferentes plantas de cultivo.

| <b>Planta</b> | <b>Concentración</b> | <b>Planta</b>  | <b>Concentración</b> |
|---------------|----------------------|----------------|----------------------|
|               | %                    |                |                      |
| Manzano       | 0.6 – 1.0            | Papa           | 0.6 – 1.6            |
| Cerezo        | 0.6 – 1.0            | Remolacha      | 1.5 – 2.0            |
| Ciruelo       | 0.6 – 1.0            | Maíz           | 0.5 – 2.5            |
| Durazno       | 0.6 – 1.0            | Cereales       | 0.5 – 3.0            |
| Toronja       | 0.4                  | Tabaco         | 0.3 – 1.2            |
| Frijol        | 0.3 – 2.0            | Cacao          | 5.0                  |
| Pepino        | 0.3 – 0.4            | Plátano        | 0.6 – 0.8            |
| Tomate        | 0.4 – 0.6            | Cítricos       | 0.6 – 1.0            |
| Apio          | 0.8 – 1.0            | Algodón        | 5.0                  |
| Col           | 0.8 – 1.6            | Caña de azúcar |                      |
| Zanahoria     | 1.2 – 3.0            |                | 1.0 – 2.0            |



Cuadro 5. Efecto de la temperatura sobre la absorción de P<sup>32</sup> en hojas de frijol en diferentes horas después de la aplicación.

| Horas después de la aplicación | Absorción de P <sup>32</sup>           |       |       |
|--------------------------------|--|-------|-------|
|                                | 14°C                                   | 21°C  | 25°C  |
|                                | $\mu\text{gP}^{32} (100\text{g})^{-1}$ |       |       |
| 3                              | 0.015                                  | 0.307 | 0.243 |
| 6                              | 0.433                                  | 1.04  | 0.56  |
| 12                             | 1.23                                   | 1.675 | 0.738 |

Fuente: Jyung *et al.* (1964)

#### 4. RESPUESTA DEL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL A LA FERTILIZACION FOLIAR

Con el fin de mostrar algunos resultados sobre fertilización foliar y su bondad en la respuesta positiva del cultivo de frijol de temporal en el Altiplano semiárido de Aguascalientes. En 1999 y 2006, se evaluó la fertilización al suelo vs foliar y un testigo absoluto sin fertilizante. En la fertilización al suelo se utilizó la dosis 40-40-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, aplicada antes de la primera escarda y en la fertilización foliar se manejó la dosis 5.5-4.2-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, mediante la aspersion de una mezcla líquida de urea y ácido fosfórico al 2% de solución nitrogenada y el 1% fosfórica. Esta solución se formó a base de disolver 12 kg de urea y 6 kg de ácido fosfórico en 600 L de agua y se añadieron 0.25 L de adherente, para lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno y fósforo por la planta. La fertilización foliar se aplicó a los 55 días después de la siembra, durante la etapa de llenado de grano.

En el ensayo de fertilización edáfica y foliar sobre el desarrollo y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal en la región, El “Llano”, Ags., Osuna, (1999) reportó un incremento de rendimiento de 16 y 30 % con la fertilización edáfica y 33 y 37% con foliar, que equivalen en el primer caso a 335 y 558 kg ha<sup>-1</sup> y en el segundo a 385 y 589 kg ha<sup>-1</sup> en comparación con el testigo (289 y 430 kg ha<sup>-1</sup>), sin fertilización, para las variedades Flor de Mayo M-38 (ciclo intermedio) y Flor de mayo Bajío (ciclo precoz) respectivamente (Figura 1). La precipitación fue escasa y errática (323 mm).

La eficiencia de aprovechamiento de un nutrimento se eleva al ser aplicado foliarmente. Así lo demuestran los resultados de Osuna *et al.* (2006) al fertilizar el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al suelo y al follaje. Al aplicar la fórmula 40-40-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK como urea y superfosfato de calcio triple al suelo, cada kilogramo de nitrógeno y fósforo incrementó 3.85 kg de grano, mientras que aplicando foliarmente 12 kg de urea a 2% y 6 kg de ácido fosfórico a 1% por hectárea, hubo un rendimiento de 17.5 kg de grano por cada kg de nitrógeno y fósforo aplicado, aumentando 5 veces la eficiencia en el aprovechamiento del nutrimento. Esto fue para la variedad de frijol Flor de Mayo Bajío, con una precipitación de 410 mm.

Lo anterior indica que la fertilización foliar mostró su efectividad en la respuesta positiva del cultivo. Esto último está relacionado con el estado de la planta y su ambiente. La eficiencia de aprovechamiento de un nutrimento se eleva al ser aplicado foliarmente en condiciones de baja precipitación, siempre y cuando éste sea asperjado en etapas críticas de desarrollo de la planta.

Para las condiciones climáticas y de suelo de la zona del Altiplano semiárido de Aguascalientes, es factible el uso de la fertilización foliar en el frijol de temporal, la cual combinada con alguna práctica de captación de agua de lluvia reducen los riesgos de pérdidas de cosecha por efecto del temporal deficiente.

La fertilización foliar, es una realidad en la nutrición del cultivo de frijol de temporal ya que esta práctica, utilizada convenientemente, optimiza la capacidad productiva de la cosecha de frijol. La fertilización foliar, entonces, es realmente un apoyo o respaldo a la fertilización edáfica para sobrepasar los rendimientos subóptimos.

## 5. ANALISIS ECONOMICO

Todo trabajo de fertilización al suelo o foliar debe ser avalado o soportado por un análisis económico para conocer su redituabilidad, que sin duda dependerá del cultivo que se está fertilizando, desde el punto de vista de su remuneración. Para este ejercicio se consideraron los costos de producción del cultivo, de fertilizantes (urea = \$ 6.66 Kg, SFCT = \$ 6.66 Kg y Acido Fosfórico = \$ 35.00 Kg) y el precio medio rural del frijol (\$ 5.909) de 2008.

Analizando los resultados de Osuna *et al.* (2006) (Cuadro 7), se estima que la diferencia en los costos que varían para la fertilización al suelo y foliar por hectárea, es de \$987.08 aproximadamente, incluyendo preparación de suelo, siembra, semilla, fertilizante, cultivos y jornales de trabajo. Esta diferencia, produce un incremento notable en los beneficios netos parciales y en la tasa marginal de ganancia (TMG). El valor de la TMG indica la cantidad de pesos ganados después de haber recuperado el peso invertido, por lo que se prueba claramente la eficiencia de la fertilización foliar en la obtención de mejores ganancias en la producción del cultivo.

Otro indicador importante que nos proporciona información sobre la rentabilidad de un sistema de producción, es la relación beneficio-costo. Debido a este indicador, los resultados obtenidos muestran que, la relación B/C es mayor en este cultivo para la fertilización foliar.

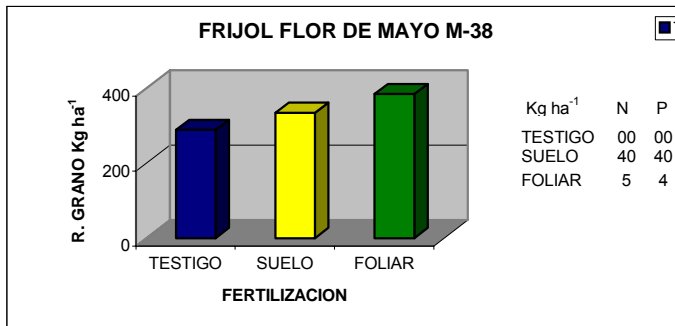
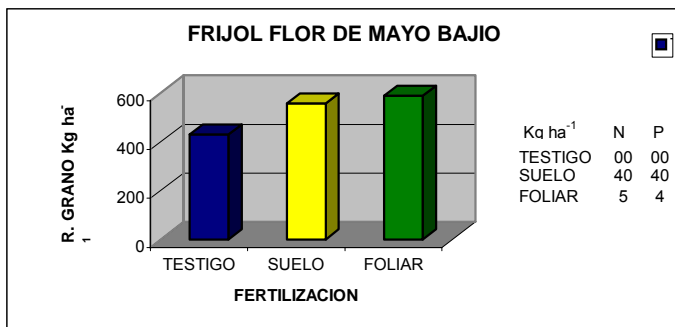
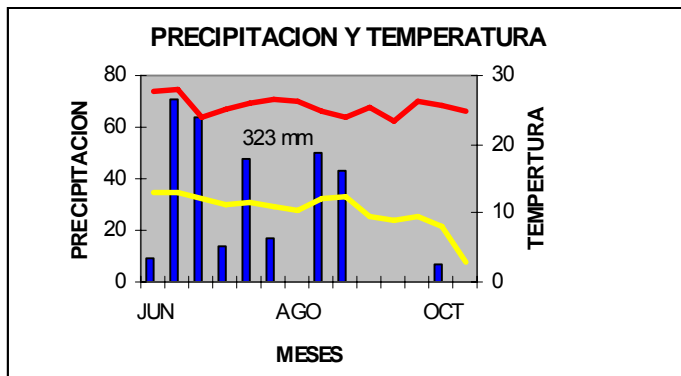


Figura 1. Distribución de lluvia y temperatura durante el ciclo del cultivo y su efecto en la respuesta del frijol (Variedades: Flor de Mayo Bajío y Flor de Mayo M-38) a la fertilización edáfica y foliar en la región del Llano Ags.

Cuadro 7. Análisis económico del cultivo de frijol de temporal por concepto de fertilizante al suelo, foliar y un testigo absoluto.

| CONCEPTO      | \$ por hectárea |                        |                      |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------------|
|               | Testigo         | Fertilización al suelo | Fertilización foliar |
| Ingreso Bruto | 3,752.32        | 4,662.31               | 5,572.32             |
| C. Variables  | 2,925.00        | 4,257.00               | 3,269.92             |
| BNP           | 827.32          | 405.31                 | 2,302.40             |
| TMG           |                 |                        | 1.92                 |
| B/C           | 0.28            | 0.10                   | 0.70                 |

BNP = Beneficio neto parcial; TMG = Tasa marginal de ganancia por cambio de método de fertilización; B/C = Relación beneficio-costos

## 6. LITERATURA CITADA

- Chaves, V. 1998. Evaluación de programas de fertilización foliar en plantas de almácigo. *In: Memoria "III Seminario Resultados y Avances de Investigación 1997"* Costa Rica. p. 25-35
- Echeverría, H., P. Calviño y M. Redolati. 2001. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosfatada bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *En: Trigo 2001. 18va Jornada de Actualización Profesional en el Cultivo de trigo.* 5p.
- Eibner, R. 1986. Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. Pp. 3-13. *In: A. Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceedings of the first International Symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division.* Berlin. 1985.
- FAO 1985. Manual on fertilizer distribution. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 8. Rome, Italy. 114 p.
- Ferraris, G.N. 2001. Nutrición: La cosecha que se lleva el carretón del lote. *Revista Fertilizer*, VI (24): 28-29.
- Ferraris, G.N., L. Conreto. 2002. Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento de trigo en siembra directa. *Agromail-Servicio de Información Agropecuaria-[www.agromail.net](http://www.agromail.net).* 9p.
- Franke, W. 1986. The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanism. Pp 17-25. *In: A. Alexander (ed). Foliar fertilization.*

- Proceedings of the first International Symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.
- Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-211. *In: A Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceedings of the first International Symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.*
- García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. En: Jornadas de Actualización técnica para Profesionales "Fertilidad 2000", pp 40-43. INPOFOS, Rosario.
- García, R. 2004. Estrategias de fertilización en trigo: La aplicación foliar de nitrógeno y su efecto sobre el rendimiento y calidad. La aplicación combinada de fungicidas y fertilizante foliar. Technidea. S.A. www.technidea.com.ar. Argentina.
- García, C.J.S y M.R. Martínez. 2004. Abonos Verdes. Ficha Técnica. SAGAR-Subsecretaría de Desarrollo Rural. 8p
- Gavi, R.F. 2004. Uso de los Fertilizantes. Ficha Técnica. SAGAR-Subsecretaría de Desarrollo Rural. 8p.
- Giskin, M.L., A.Trinidad S. y J.D. Etchevers. 1984. Can the foliar application of essential nutrients decrease fertilizer inputs? Act. VI. International Colloquium for the optimization of Plant Nutrition. Vol. 1:239-242. Montpellier, France.
- IFDC. 1967. Fertilizer Manual. International Fertilizer Development Center. Muscle Shoals, AL. p.55.
- Jyung, W.H and S.H. Wittwer. 1964. Foliar Absorption-an active uptake process. Am. J. Bot. 51:437-444.
- Kovacs, G. 1986. The importance of environmental, plant and spray characteristics for any foliar nutrition programme to be successful. pp. 26-43. *In: A Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceedings of the first International Symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.*
- Leece, D.R. 1976. Composition and ultrastructure of leaf cuticles from fruit trees, relative to differential foliar absorption. Austral. J. Plant Physiol. 3:833-847.
- Loewy, T. 2004. Fertilización complementaria en trigo. Presentación Jornadas Técnicas para Productores sobre fertilización de cereales de Invierno. 15 p.

- Malavolta, E. 1986. Foliar fertilization in Brazil. Present and perspectives. pp. 170-192. *In: A Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceedings of the first International Symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.*
- Miranda, J.L. 1997. Mitos y Verdades de los fertilizantes foliares. *Industrias de Agroquímicos. 25-26p.*
- Ordoñez, M. y M.R. Palma. 1993. Evaluación de modalidades de fertilización al suelo y foliar en la producción de vivero de café en bolsas de polietileno. *In: XVI Simposio sobre cafcultura latinoamericana. Managua, Nicaragua. Vol. 2. Honduras. 1995.*
- Osuna, C.E.S. 1997. Investigación sobre erosión y labranza de conservación en la región norte-centro de México. *Avances de Investigación en labranza de conservación I. INIFAP-CENAPROS. Libro Técnico No. 1. 199-214p.*
- Osuna, C.E.S. 1999. Evaluación de la fertilización edáfica y foliar sobre el desarrollo y rendimiento de frijol de temporal. *Informe de Investigación. 25p. CEPAP-AGS. INIFAP-SAGAR.*
- Osuna, C.E.S., J.S. Padilla, R. y F. Esquivel, F. 2000. Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas y semiáridas del norte-centro de México. *Cuaderno de Trabajo. SIHGO. CONACyT. 45 p.*
- Osuna, C.E.S., J.S. Paidlla, R., M.A. Martínez G., E. Martínez M y J.A. Acosta G. 2007. Componentes tecnológicos y fórmulas integrales para el cultivo de frijol de temporal en el Altiplano de México. *Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, México. Folleto Científico Núm. 1. 23p.*
- Reed, D.W. y H.B. Tukey Jr. 1978. Effect of pH on foliar absorption of phosphorus compounds by chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:337-340.*
- SIAP-SAGARPA. 2005. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Swietlik, D. y M.Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. pp. 287-355. *In: J. Janik (ed). Horticultural reviews. Vol. 6. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. USA.*
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson., J.D. Beaton and J.L. Havlin.1985. *Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company. New York. pp. 249-291.*
- Torres, D.M. 2000. Fertilización foliar en soja. *Proyecto Fertilizer-INTA. Asociación Civil. 9p.*

Trinidad, S.A. 2004. Abonos Orgánicos. Ficha Técnica. SAGAR-Subsecretaría de Desarrollo Rural. 8p

Trinidad, S.A y D. Aguilar, M. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Vol. 17, Núm. 3. p. 247-255.



## *Capítulo 9*

# **BIOFERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE FRIJOL EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

C. Jasso-Chaverria <sup>1</sup>, M. A. Martínez-Gamiño <sup>1</sup> y Cruz-Fernández M. <sup>2</sup>

### **RESUMEN**

Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de dos microorganismos y una hormona esferoidal en el desarrollo vegetal y producción de frijol de riego y de temporal, así como promover e implementar en el estado el uso de diversos tipos de biofertilizantes que demuestren alta eficiencia, adaptación y rentabilidad para el cultivo de frijol, se llevaron a cabo trabajos de investigación y validación durante 1999, en diferentes localidades del estado de San Luis Potosí. Se evaluaron dos microorganismos y una hormona esferoidal (Rhizobium, Micorriza-Arbuscular y Brassinoesteroide). La inoculación se realizó a la semilla, inmediatamente antes de realizar la siembra. El brassinoesteroide se aplicó en el estado de plántula, en floración y al inicio de la formación de vainas. Para la siembra se utilizaron las variedades de frijol Negro Huasteco 81, Flor de Mayo M-38 y Negro Jamapa, con densidad de 180 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos indican que en frijol de riego la aplicación combinada de Rhizobium y Micorriza-Arbuscular permitió sustituir hasta en dos terceras partes la fertilización química que el cultivo requiere; por ello, la biofertilización es una práctica que contribuirá significativamente a mejorar las condiciones de baja fertilidad natural de los suelos y hacer más productivo y rentable el cultivo de frijol en el estado de San Luis Potosí.

### **1. INTRODUCCIÓN**

En el estado de San Luis Potosí, la agricultura se lleva a cabo principalmente en condiciones de temporal, con 693,321 ha (83%); mientras que la agricultura de riego ocupa una superficie de 136,203 ha (17%). En la agricultura de temporal sobresalen los cultivos de maíz 189,490 ha, frijol 90,174 ha y maíz-frijol en asociación 86,506 ha. En riego se siembran anualmente en promedio 22 500 hectáreas de maíz y 10 500 de frijol, con rendimientos de 3 y 1.5 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Investigadores del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP.

<sup>2</sup> Investigador del Sitio de Negocios Huichihuayán-CIRNE-INIFAP hasta diciembre de 2007.

En las áreas productoras de riego y temporal en el Estado, los cultivos además de presentar problemas asociados a la escasa y mala distribución de la lluvia, tienen problemas de tipo nutricional, más del 90 por ciento de la superficie cultivada no recibe aplicación de fertilizantes minerales u abonos orgánicos; en el mejor escenario, cuando hay aportaciones de fertilizantes, éstas son en dosis menores a las que el cultivo requiere. Lo anterior origina la obtención de rendimientos muy por debajo del potencial de los cultivos, haciendo poco rentable el cultivo de frijol en la entidad.

Una opción viable para contribuir a incrementar los rendimientos de frijol y mejorar la fertilidad de los suelos, es sin duda la utilización de fertilizantes biológicos productos que contienen bacterias y hongos capaces de fijar nitrógeno atmosférico y solubilizar algunos nutrientes del suelo como el fósforo, calcio, azufre y zinc; además, de contribuir a contrarrestar los efectos de la sequía.

En la actualidad los sistemas de producción de frijol tienen el problema de lograr una producción sostenida sin degradar los recursos naturales. Describir y entender los sistemas biológicos para lograr un impacto en la producción y conservación del medio, enfatiza la necesidad de estudiar el sistema suelo-planta.

El uso de los microorganismos del suelo en los sistemas agrícolas representa una opción para reducir la aplicación de fertilizantes de origen químico; además, de mantener la estructura física y química del suelo y el balance biológico.

El sistema integrado de nutrición vegetal es una de las herramientas más apropiadas para lograr mayores rendimientos en los cultivos a menor costo; además, de contribuir en la conservación de los recursos naturales y hacer más rentable la agricultura. En este sistema, la utilización de fertilizantes de origen biológico tiene un papel importante, ya

que su costo en el mercado es mucho menor que el costo de los fertilizantes químicos.

## **2. BIOFERTILIZANTES**

Fertilizantes no convencionales, de origen biológico, elaborados a base de microorganismos (bacterias y hongos), que interactúan favorablemente con la planta para mejorar su desarrollo, capaces de fijar nitrógeno simbiótica y libremente, solubilizar el fósforo, producir estimulantes del crecimiento que reducen las enfermedades ocasionadas por hongos y nemátodos.

## **3. IMPORTANCIA DE LA BIOFERTILIZACIÓN**

La biofertilización es importante desde el punto de vista económico, ya que reduce significativamente los costos de producción del cultivo, particularmente en el componente de fertilización. La utilización de biofertilizantes en la nutrición de los cultivos, contribuye de manera importante en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, no contamina el suelo ni los mantos freáticos. Proporciona a las plantas nitrógeno, minerales y algunas sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Complementan y en algunas ocasiones pueden llegar a sustituir a los fertilizantes de origen químico.

La utilización de los recursos microbiológicos del suelo en los sistemas agrícolas representa una buena opción para disminuir la dependencia de los fertilizantes químicos en los sistemas de producción, principalmente los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, lo que contribuirá de manera importante en el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los microorganismos de la rizosfera han mantenido una relación estrecha con las plantas desde que éstas iniciaron la colonización de la tierra (Selosse y Le Tacon, 1998) y han mantenido el funcionamiento y la

estabilidad de los ecosistemas a través de la influencia en la composición de las especies en las comunidades vegetales (Read, 1998).

El estudio de las bacterias asociadas a las plantas es una línea de investigación que ha tenido avances importantes, principalmente en los países europeos y asiáticos. En México y los países latinoamericanos, el avance ha sido menor (Okon y Labandera, 1994). Sin embargo, se han obtenido resultados satisfactorios al inocular diversas especies vegetales con *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* y algunos géneros de micorrizas, entre otros microorganismos.

Los microorganismos del suelo pueden alterar la velocidad de toma de nutrientes de las plantas por un efecto directo en las raíces (Aguirre y Velazco, 1994) e inducen modificaciones en el desarrollo del sistema radical. Las rizobacterias también pueden provocar alteración en la permeabilidad celular de las raíces conduciendo a un incremento en la toma de iones por la planta, fundamentalmente nitratos, potasio y fósforo e incrementar la formación de pelos radicales.

Las bacterias y los hongos convierten diferentes nutrientes en asimilables por las plantas. Esto puede ocurrir mediante procesos de fijación, mineralización, inmovilización, oxidación, reducción y solubilización. Por ejemplo, el caso de las micorrizas que al inocular las plantas incrementan la absorción de agua, disminuyendo el estrés hídrico (Safir *et al.*, 1972; Aguirre *et al* 1999).

Las principales actividades benéficas que realizan las bacterias de la rizosfera asociadas a raíces de plantas incluyen la fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de minerales y nutrientes, producción de hormonas reguladoras del crecimiento, interacción sinérgica con otros microorganismos benéficos de la rizosfera y la inhibición de otros microorganismos patógenos (Bashan, 1998; Bashan *et al*, 1996; Sanders, 1993; Parke 1991; Gaskins *et al* 1985).

La influencia de la inoculación en el desarrollo y funciones de la raíz es probablemente uno de los factores de mayores beneficios para el cultivo. La única forma de obtener una respuesta positiva de inoculación bacteriana en el desarrollo y rendimiento vegetal es que la población de bacterias alcance una biomasa significativa en la raíz (Brown, 1982; Aguirre, 1999). Por lo tanto, la característica más importante que debe tener una bacteria fijadora de nitrógeno que pretenda utilizarse con fines prácticos, es que sea un colonizador agresivo de raíces (Bashan *et al*, 1996).

A nivel comercial, los biofertilizantes elaborados a base de *Rhizobium* y *Azospirillum* tienen una presentación efectiva y su efecto sobre la fijación de nitrógeno atmosférico es importante, especialmente para los cultivos de leguminosa y cereales (Aguirre, 1999; ONU, 1985).

El término Micorriza implica la asociación de un hongo con las raíces de las plantas superiores. Las Micorrizas son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta, y proteger las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis (Peyronel *et al*, 1969; Harley y Smith, 1983; Bethlenfalvay, 1992).

El papel de la Micorriza Arbuscular en la absorción de nutrientes es complejo, sin embargo, Bolan en (1991) plantea los mecanismos siguientes:

- Aumento en la superficie de absorción y exploración del suelo.
- Incremento en la capacidad de absorción de la raíz.

- Modificaciones morfológicas y fisiológicas en las raíces micorrizadas en relación con las no micorrizadas.
- Absorción de nutrientes disponibles no accesibles a raíces no micorrizadas, directamente por las hifas o indirectamente al favorecer el desarrollo de las raíces.
- Utilización de formas no disponibles para las raíces no micorrizadas a través de solubilización y mineralización en el caso de las ectomicorrizas y de modificaciones en la dinámica del equilibrio de nutrientes entre la fase sólida y líquida del suelo, en el caso de las Micorrizas-Arbusculares.
- Almacenamiento temporal de nutrientes en la biomasa fúngica o en las raíces evitando su inmovilización química o biológica o su lixiviación.
- Establecimiento de microorganismos mineralizadores, solubilizadores de nutrientes.
- Amortización de los efectos adversos de pH, Al, Mn, metales pesados, salinidad, estrés hídrica y ataque de patógenos del sistema radical, en la absorción de nutrientes.

Los biofertilizantes presentan algunas restricciones:

- La vida media de anaquel es de aproximadamente seis meses.
- Debe conservarse a la sombra.
- Su efectividad depende de las condiciones de clima y suelo.
- Suelos pobres en materia orgánica y de nivel bajo en nutrientes, tendrán una respuesta menor a la inoculación con biofertilizantes.

## **4. TRABAJOS SOBRE BIOFERTILIZACIÓN REALIZADOS EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, EN EL CULTIVO DE FRIJOL**

### **4.1. SIMBIOSIS RHIZOBIUM-MICORRIZA ARBUSCULAR Y USO DE BRASSINOESTEROIDES EN FRIJOL DE RIEGO**

#### **Objetivos**

1. Determinar el efecto de la aplicación de dos microorganismos y una hormona esferoidal en el desarrollo vegetal y producción de frijol de riego en San Luis Potosí.

2. Inducir, promover e implementar en el Estado el uso de diversos tipos de biofertilizantes que demuestren alta eficiencia, adaptación y rentabilidad para el cultivo de frijol en el Estado con el fin de optimizar el proceso de producción de manera rentable y sostenible.

3. Validar la tecnología del uso de biofertilizantes para conocer su eficiencia y potencial bajo las condiciones agroecológicas existentes en las principales áreas productoras de frijol el estado de San Luis Potosí.

#### **Materiales y métodos**

El experimento se realizó durante el ciclo P-V- 1999, en terrenos del Sitio Experimental “El Refugio”, ubicado en el municipio de Ciudad Fernández, S.L.P. El suelo es vertisol de buena fertilidad natural. El agua utilizada para riego tiene un pH ligeramente alcalino y medio en sales solubles y sodio. Los tratamientos evaluados fueron: 1. *Rhizobium*, 2. Micorriza Arbuscular, 3. Brassinoesteroide, 4. *Rhizobium* + Micorriza Arbuscular, 5. *Rhizobium* + Brassinoesteroide, 6. Micorriza Arbuscular + Brassinoesteroide, 7. Micorriza Arbuscular + *Rhizobium* + Brassinoesteroide y 8. Testigo (sin inóculo ni Brassinoesteroide), 9. Micorriza Arbuscular + *Rhizobium* + Brassinoesteroide (semilla sin tratar), 10. Micorriza Arbuscular + *Rhizobium* + Brassinoesteroide (semilla tratada)

pero lavada), 11. Testigo absoluto (sin inóculo, ni Brassinoesteroide ni fertilizante) y 12. Igual al tratamiento 7, pero con frijol variedad Negro Jamapa. El diseño experimental fue parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron dos grupos: un grupo de tratamientos con la dosis de fertilización recomendada (40-60-00) para el frijol de riego, y el otro grupo con aplicación de solo 1/3 de ésta. Los tratamientos se distribuyeron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La inoculación se realizó a la semilla, inmediatamente antes de realizar la siembra. El Brassinoesteroide se aplicó en el estado de plántula, en floración y al inicio de la formación de vainas. Para la siembra de los primeros 11 tratamientos se utilizó la variedad Negro Huasteco 81, la densidad de siembra fue 180 mil plantas ha<sup>-1</sup> para negro Jamapa y Huasteco 81. Las principales variables registradas fueron: días a floración, días a madures fisiológica, altura de planta, cobertura, producción de materia seca en hojas tallo y raíz, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano comercial. Los resultados se analizaron utilizando el paquete computacional SAS versión 8.1.

## Resultados y discusión

Al analizar los resultados, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el factor fertilización química, lo que permite inferir que la fijación de nitrógeno atmosférico a través de *Rhizobium*, así como la solubilización de fósforo y otros minerales por la Micorriza fueron capaces de suministrar las dos terceras partes del fertilizante que normalmente requiere el cultivo para una nutrición adecuada y buena producción de grano. Resultados que coinciden con los reportados por otros autores (Bashan *et al*, 1996; Aguirre y Velazco, 1994; Parke, 1991; Gaskins *et al*, 1985).

Respecto al factor biofertilizante, los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para días a madurez fisiológica, altura de planta, número de vainas por planta y rendimiento de grano. Al realizar



la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que para días a madures fisiológica, el tratamiento con la combinación Micorriza+ Rhizobium + Brassinoesteroide con la variedad Negro Jamapa, fue significativamente más tardío que el resto de tratamientos, con una diferencia de cuatro días. Situación que más bien fue debida al factor varietal que al efecto del tratamiento aplicado (Cuadro 1). Los microorganismos como *Rhizobium* y *Azospirillum* interactúan positivamente con la planta de frijol al promover mayor acumulación de materia seca en la planta e inducir tolerancia al estrés hídrico, lo que también depende de la interacción genotipo microorganismo (Aguirre *et al.*, 2005; Acosta *et al.*, 1977).

Cuadro 1. Características agronómicas y producción de materia seca en frijol inoculado con biofertilizantes y con aplicación de Brassinoesteroides.

| Tratamiento                              | Altura (cm) | Cobertura (cm <sup>2</sup> ) | Materia seca (g/5 plantas) |       |      |
|--|-------------|------------------------------|----------------------------|-------|------|
|  |             |                              | Hoja                       | Tallo | Raíz |
| <i>Rhizobium</i>                         | 52a         | 51.8a                        | 11.3 <sup>a</sup>          | 10.3a | 3.2a |
| Micorriza                                | 51.7ab      | 48.9a                        | 11.2 <sup>a</sup>          | 9.7a  | 3.0a |
| Brassinoesteroide                        | 52.9a       | 49.6a                        | 9.6 <sup>a</sup>           | 10.4a | 2.9a |
| <i>Rhizo.</i> + Mico.                    | 51.0ab      | 50.5a                        | 10.5 <sup>a</sup>          | 10.2a | 2.8a |
| <i>Rhizo.</i> + Brass.                   | 50.4ab      | 48.1a                        | 11.6 <sup>a</sup>          | 9.5a  | 2.8a |
| Mico. + Brass.                           | 52.9a       | 51.6a                        | 12.4 <sup>a</sup>          | 10.3a | 2.8a |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass.              | 48.9ab      | 46.3a                        | 10.2 <sup>a</sup>          | 8.7a  | 2.8a |
| Fert. Químico (40-60-00)                 | 52.1a       | 49.6a                        | 9.7 <sup>a</sup>           | 10.4a | 2.7a |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, tratada      | 52.4a       | 50.0a                        | 10.5 <sup>a</sup>          | 9.7a  | 2.6a |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, lavada       | 50.2ab      | 49.4a                        | 9.9 <sup>a</sup>           | 9.1a  | 2.5a |
| Testigo absoluto                         | 46.9ab      | 46.4a                        | 7.6b                       | 7.5b  | 2.5a |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, negro Jamapa | 44.5b       | 45.4a                        | 13.1 <sup>a</sup>          | 9.6a  | 2.8a |

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey < 0.05).

La altura de planta se incrementó significativamente al inocular la semilla con *Rhizobium*, una situación similar ocurrió al aplicar Brassinoesteroide o bien con la combinación Micorriza Arbuscular +

Brassinosteroides (Cuadro 1). Esto se explica por el hecho de que existe una respuesta positiva de inoculación con bacterias o bien con Micorrizas en el desarrollo y rendimiento de la planta (Brown, 1982; Aguirre, 1999).

En cobertura, la respuesta del cultivo fue estadísticamente igual en todos los tratamientos evaluados, observándose una tendencia similar en producción de materia seca en la raíz. En raíz los mayores valores de materia seca correspondieron a los tratamientos de *Rhizobium* y de Micorriza.

Respecto a producción de materia seca en hoja y tallo, todos los tratamientos superaron estadísticamente al testigo absoluto. Es importante indicar que los tratamientos de *Rhizobium*, Micorriza y Brassinosteroides con la aplicación de 1/3 de la fertilización química recomendada para el cultivo de frijol del riego en San Luís, igualaron al tratamiento de 40-60-00 de fertilización química. Lo que se explica por la acción benéfica que ejercieron los microorganismos inoculados, situación que indudablemente tendrá un efecto positivo en la fijación del nitrógeno atmosférico y mayor aprovechamiento de los nutrientes presentes en el suelo, que finalmente se reflejarán en mayor rendimiento de grano, resultados que coinciden con lo reportado por otros autores (Bolan, 1991; Aguirre y Velasco, 1994; Bashan *et al*, 1996; Aguirre y Kohashi, 2002; Hernández *et al* 2006).

Para el número de vainas por planta, el tratamiento que incluye a *Rhizobium* + Micorriza + Brassinosteroides y con la variedad “Negro Jamada”, fue significativamente superior a los demás tratamientos, con este tratamiento se obtuvieron en promedio 40.8 vainas por planta, superando en más del 100% al testigo absoluto (Cuadro 2). Es conveniente señalar que la amplia diferencia se asocia en mayor grado al factor variedad y en menor magnitud al efecto de los biofertilizantes. Eliminando el factor variedad, se puede observar que *Rhizobium* y Micorriza o la combinación de ambos influyeron significativamente en el número de vainas por planta. Dentro de las actividades benéficas que

realizan las bacterias de la rizosfera asociadas a raíces de plantas incluyen la fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de minerales y nutrientes, producción de hormonas reguladoras del crecimiento, interacción sinérgica con otros microorganismos benéficos de la rizosfera y la inhibición de microorganismos patógenos (Bashan *et al*, 1996; Parke 1991; Gaskins *et al* 1985).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, la aplicación de biofertilizante y de Brassinoesteroides no influyeron significativamente en el número de granos por vaina y peso de 100 granos.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y algunos componentes en frijol inoculado con biofertilizantes y con aplicación de Brassinoesteroides.

| Tratamiento                              | Vainas por planta | Granos por vaina | Peso de 100 granos (g) | Rend. (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|--|-------------------|------------------|------------------------|------------------------------|
| <i>Rhizobium</i>                         | 22.3b             | 4.5a             | 19.9a                  | 2701 <sup>a</sup>            |
| Micorriza                                | 22.7b             | 4.5a             | 20.3a                  | 2728 <sup>a</sup>            |
| Brassinoesteroide                        | 21.7bc            | 4.0a             | 19.5a                  | 2560 <sup>a</sup>            |
| <i>Rhizo.</i> + Mico.                    | 19.8bc            | 4.0a             | 19.3a                  | 2472 <sup>a</sup>            |
| <i>Rhizo.</i> + Brass.                   | 19.8bc            | 4.1a             | 18.9a                  | 2428 <sup>a</sup>            |
| Mico. + Brass.                           | 20.7bc            | 4.2a             | 19.6a                  | 2466 <sup>a</sup>            |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass.              | 22.6b             | 4.6a             | 20.0a                  | 2623 <sup>a</sup>            |
| Fert. Químico (40-60-00)                 | 18.8bc            | 4.0a             | 19.2a                  | 2312 <sup>a</sup>            |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, tratada      | 21.1bc            | 4.0a             | 19.7a                  | 2487 <sup>a</sup>            |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, lavada       | 21.1bc            | 3.9a             | 19.5a                  | 2512 <sup>a</sup>            |
| Testigo absoluto                         | 17.4c             | 4.0a             | 18.5a                  | 1680b                        |
| <i>Rhizo.</i> +Mico.+Brass, negro Jamapa | 40.8a             | 4.6a             | 18.9a                  | 1717b                        |

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey < 0.05).

Al comparar el rendimiento de grano obtenido en los tratamientos con aplicación de inóculo y/o Brassinoesteroide, con el rendimiento del testigo absoluto (sin inóculo, sin hormona y sin fertilizante), se determinó

que *Rhizobium* incrementó el rendimiento en 61%, Micorriza 64%, Brassinoesteroide 52%, la combinación *Rhizobium* + Micorriza 47% y *Rhizobium* + Micorriza + Brassinoesteroide 53%. Los biofertilizantes y la hormona esteroideal aplicada al cultivo de frijol, ejercieron efectos favorables en el rendimiento de grano, ya que pudieron complementar la fertilización química en una tercera parte; además, de la contribución sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, resultados similares fueron reportados por (Thatoi, *et al.*, 1993; Aguirre, *et al* 1999; Jasso y Martínez, 2004; Martínez y Jasso, 2004; Ramiro y Jasso, 2004; Hernández, *et al* 2006).

## **4.2 VALIDACIÓN DEL USO DE BIOFERTILIZANTE EN FRIJOL DE TEMPORAL**

### **Materiales y métodos**

Durante el ciclo P-V-1999 se establecieron tres parcelas de validación del uso de biofertilizantes en el cultivo frijol de temporal en el estado de San Luis Potosí, distribuidas de la siguiente forma: una en el municipio de Villa de Arriaga (Altiplano), una en San Ciro de Acosta (Zona Media) y una en Huichihuayán (Zona Huasteca). Los tratamientos evaluados fueron: 1. *Rhizobium*, 2. Micorriza Arbuscular, 3. *Rhizobium* + Micorriza Arbuscular y 4. Testigo. Cada tratamiento se estableció en una franja de 2500 m<sup>2</sup>. La siembra se realizó a tierra venida, utilizando para ello las variedades: Flor de Mayo M-38 en Villa de Arriaga y Negro Huasteco 81 en San Ciro de Acosta y el Huchihuayán. El manejo del cultivo se realizó de acuerdo al paquete tecnológico que el INIFAP recomienda para este cultivo. En cada parcela se tomaron datos de fenología de la planta, rendimiento de grano y algunos componentes del rendimiento. Para estimar el rendimiento se realizaron cinco muestreos al azar en cada tratamiento; cada muestreo constó de de dos surcos de 10 m de longitud.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 3 se presentan las características agronómicas y rendimiento de frijol de temporal con el uso de biofertilizantes Huichihuayán en la Huasteca Potosina. En ésta localidad, la aplicación de biofertilizantes ya sea en forma individual o combinados produjo una respuesta favorable en la altura de planta, cobertura y en el número de vainas por planta. En rendimiento de grano, los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de *Rhizobium* y Micorriza, rendimientos que superas en 68 y 54% al rendimiento del testigo.

Cuadro 3. Características agronómicas y rendimiento de frijol de temporal con el uso de biofertilizantes en la Huasteca Potosina.

| Tratamiento                 | Altura de planta (cm) | Cobertura (cm) | Vainas /planta | Rend. Grano (t ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|
| <i>Rhizobium</i>            | 29.3                  | 24.7           | 8.7            | 0.893                             |
| Micorriza                   | 30.7                  | 25.5           | 8.4            | 0.818                             |
| <i>Rhizobium</i> +Micorriza | 29.8                  | 28.3           | 8.1            | 0.682                             |
| Testigo                     | 24.5                  | 24.0           | 7.7            | 0.530                             |

En el municipio de Villa de Arriaga, al evaluar la interacción de inocular la semilla de frijol con *Rhizobium* en diferentes sistemas de preparación del suelo, el cultivo de frijol de temporal no mostró un efecto favorable hacia la inoculación (Cuadro 4). Esto se puede explicar como una respuesta del cultivo a la sequía, en donde las plantas menos desarrolladas inicialmente (tratamientos sin *Rhizobium*), es decir con menor área foliar, al final del ciclo tuvieron capacidad para producir más grano que las plantas con *Rhizobium*. En este caso se puede inferir un mejor desarrollo vegetativo de las plantas con biofertilizante, pero al final no se tuvieron las condiciones de humedad suficiente para soportar plantas de mejor desarrollo.

Otra causa de la baja actividad de las bacterias, pudo ser el hecho de que en la localidad de Villa de Arriaga se han detectado visualmente nodulaciones importantes en el frijol, lo que hace suponer la existencia de cepas nativas de bacterias, por lo que el uso de cepas procedentes de otros sitios fueron menos eficientes que las locales. (Bashan *et al*, 1996; Salisbury y Roos, 1994; Parke 1991; Gaskins *et al* 1985) coinciden en señalar que las principales actividades benéficas que realizan las bacterias de la rizosfera asociadas a raíces de plantas incluyen la fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de minerales y nutrientes, producción de hormonas reguladoras del crecimiento, interacción sinérgica con otros microorganismos benéficos de la rizosfera y la inhibición de otros microorganismos patógenos.

Cuadro 4. Rendimiento de grano de frijol con diferentes métodos de labranza de conservación y aplicación de biofertilizantes en condiciones de temporal en Villa de Arriaga.

| TRATAMIENTO                 | RENDIMIENTO (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|------------------------------------|
| LC + <i>Rhizobium</i>       | 415                                |
| LC sin <i>Rhizobium</i>     | 510                                |
| Rastra + <i>Rhizobium</i>   | 220                                |
| Rastra sin <i>Rhizobium</i> | 264                                |
| B+R+ <i>Rhizobium</i>       | 218                                |
| B +R sin <i>Rhizobium</i>   | 296                                |

LC= Labranza de conservación, B+R= Barbecho más rastra.

Para obtener una respuesta positiva de inoculación bacteriana en el desarrollo y rendimiento vegetal es que la población bacteriana alcance una biomasa significativa en la raíz (Brown, 1982; Aguirre, 1999). Por lo tanto, la característica más importante que debe tener una bacteria fijadora de nitrógeno que pretenda utilizarse con fines prácticos, es que sea un colonizador agresivo de raíces (Bashan *et al*, 1996).

## 5. CONCLUSIONES

En la Zona Media del estado de San Luis Potosí, la aplicación combinada de *Rhizobium* y Micorriza-Arbusculas en el cultivo de frijol de riego permitió sustituir hasta en dos terceras partes la fertilización química que el cultivo requiere para cubrir sus necesidades nutricionales.

Se constató que en las condiciones de suelo y clima predominantes en el Estado, la aplicación de biofertilizantes en el cultivo de frijol de temporal, contribuye significativamente en la nutrición del cultivo y en el rendimiento de frijol.

Los resultados obtenidos, tanto en investigación como en validación en el estado de San Luis Potosí, permiten inferir que la biofertilización es una práctica que podría mejorar las condiciones de baja fertilidad natural de los suelos, así como hacer más productivo y rentable el cultivo de frijol en el estado de San Lis Potosí.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz, E., J. Kohashi-Shibata y J.A. Acosta-Gallegos. 1977. Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequía. *Agric. Téc. Méx.* 23(2):139-150.
- Aguirre-Medina, J.F., J. Kohashi-Shibata., C. Trejo-López., J.A. Acosta-Gallegos., J. Cadena-Iñiguez y A. Peña-Del Río. 2005. Inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en tolerancia a sequía. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):23-33.
- Aguirre-Medina, J.F. J. Kohashi-Shibata. Trejo L. y J.A. Acosta G. 1999. Respuesta fisiológica del frijol *Phaseolus vulgaris* L. a la sequía en un sistema de raíz dividida. *Agron. Mesoamer.* 10(1): 31-36.
- Aguirre-Medina, J.F. 1999. Micorriza arbuscular. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Revisión bibliográfica. 39 p.
- Aguirre-Medina., J.F. y Velazco-Zebadúa, E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti* J. *Agric. Téc. Méx.* v. 20 (1): 43-45.

- Aguirre-Medina., J.F. y Kojashi-Shibata, J. 2002. Dinámica de la colonización micorrizica y su efecto sobre los componentes de rendimiento y contenido de fósforo en frijol común. *Agric. Téc. Méx.* 28 (1): 23-33.
- Bashan, Y., G. Holguin. y R. Ferrera-Cerrato. 1996 (b) Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. *Terra* 14 (2): 195-210.
- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agricultura. *Biotechnology Advances*, 16: 179-191.
- Bethlenfalvay, G, J, 1992. Mycorrhizae and Crop Production. In: *Mycorrhize in Sustainable Agriculture*. ASA Special Publication Number 54. p 1-127.
- Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and soil*. 34: 189-207.
- Brown, M.E. 1982. Nitrogen-fixing by free-living bacteria associated with plant-fact or fiction? In: *Bacteria and plants*. M.E. Rhodes-Roberts y J.A. Skinner (Eds). Academic Press, New York. pp. 25-41.
- Gaskins, M.H., S.L. Albrecht y D.H. Hubbel. 1985. Rhizosphere bacteria and their use to increase plant productivity: A review. *Agricultura, Ecosystems and Environment*. 12: 99-116.
- Harley, J.L. and S.E. Smith. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academia Press, London. p. 483.
- Hernández-Martínez, M., V.M. Cetina-Alcalá., M.C. González-Chávez y C.T. Cervantes-Martínez. 2006. Inoculación micorrizica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. *Terra Latinoamericana* 24: 65-73.
- Jasso Ch., C. y Martínez G. M.A. 2004. Simbiosis Rhizobium-Micorriza Arbuscular y uso de Brassinoesteroides en frijol. *In: Memorias Simposio de Biofertilización*. INIFAP. Río Bravo, Tamps, México.
- Martínez G., M.A. y Jasso Ch. C. 2004. Efecto del Biofertilizante y la Preparación del suelo en la Producción de maíz, sorgo u sorgo x sudán en la Zona Media Potosina. *In: Memorias Simposio de Biofertilización*. INIFAP. Río Bravo, Tamps, México.
- ONU. 1985. *Inoculantes para leguminosas y su uso*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 61 p.



- Okon, Y. and C. Labandera. 1994. Agronomic Applications of *Azospirillum* evaluation of 20 years world wide field inoculation. *Soil Biology*. 26 (12): 1591-1601.
- Parke, J.L. 1991. Root colonization by indigenous and introduced microorganisms. *In: The rhizosphere and plant growth*. D.L. Keister y P.B. Cregan (Eds). Kluwer Academic Publ. The Netherlands. pp 33-42
- Peyronel, B., Farsi, B., Fontana, A. y Trappe, J.m. 1969. Terminology of mycorrhizae. *Mycologia*. 61: 410-411.
- Ramiro C., A. y Jasso Ch. C. 2004. Biofertilización en sorgo de temporal en la Zona Media de San Luis Potosí. *In: Memorias Simposio de Biofertilización*. INIFAP. Río Bravo, Tamps, México.
- Read, D. 1998. Plants on the web. *Nature*. 396; 22-23.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. México, D.F.
- Safir, G.R., Boyer, J.S. and Gerdemann, J.W. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant physiology*. 49: 700-703.
- Sanders, F.E. 1993. Modeling plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Adv. Plant Pathol*. 9: 135-156.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute). 2000. SAS/STAT User's guide, version 8.1. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 1290 p.
- Selosse, M-A. and Le Tacon, F. 1998. The land flora: a phototroph-fungus partnership? *Tree*. 13(1):15-20.
- Thatoi, H.N., S Sahu, A.K. Misra y G.S. Padhi. 1993. Comparative effect of VAM inoculation on growth, nodulation and Rhizobium population of subabul (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wilt) grown in iron mine waste soil. *Indian Forest*- 119: 481-489.

## Capítulo 10

### MANEJO DE MALEZA EN FRIJOL

M. D. Amador Ramírez<sup>1</sup>, R. Velásquez Valle<sup>2</sup> y E. Acosta Díaz<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Se resalta la importancia que las malezas representan dentro de la agricultura, desde la identificación y descripción de las especies arvenses hasta el establecimiento de medidas apropiadas para su control. La comunidad de malezas que infesta al frijol esta básicamente compuesta de especies de hoja ancha como el quelite *Amaranthus palmeri*, la aceitilla *Bidens odorata*, el gordolobo *Helianthus petiolaris*, y el lampote *Simsia amplexicaulis*. Estas malezas más otras 17 especies de menor importancia, lo cual esta relacionada principalmente con su densidad, suelen causar pérdidas en rendimiento de frijol. Una explicación a este efecto es la interferencia que produce la inmensa cantidad de malezas comparada con la población de plantas de frijol por unidad de superficie. Aparentemente, la reducción en rendimientos no es causada por una competencia por agua, ya que las plantas de frijol y malezas presentaron un contenido de agua en sus tejidos muy similar, por lo que la reducción en rendimiento estuvo vinculada a otros elementos esenciales del crecimiento y desarrollo del frijol como lo son la luz y los nutrientes. Los estudios de período crítico dentro del enfoque de manejo integrado de malezas resultó útil para estabilizar el número de escardas o usar herbicidas preemergentes con suficiente actividad residual en el suelo para controlar malezas durante el período crítico de competencia. La aplicación de fomesafen en preemergencia y postemergencia en asociación con escardas proporcionó los mejores resultados de control. Más estudios sobre el control de malezas con herbicidas, con el objetivo de mantener actualizada la base de recomendación de productos químicos, deberán de ser contemplados en futuros estudios. Asimismo, el modelaje de predicción de la emergencia de malezas, la habilidad competitiva del frijol y el uso de implementos agrícolas que controlen las poblaciones de malezas en el hilo de siembra son investigaciones requeridas, que beneficiarían a los productores de frijol y a la vez evitarían posibles riesgos de contaminación.

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP.  
amadorm@inifapzac.sagarpa.gob.mx

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental General Terán-CIRNE-INIFAP

## 1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos básicos más importantes en México, en donde tan solo en la parte del altiplano localizado en el norte centro del país y que comprende los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, se sembraron 886,293 hectáreas bajo condiciones de temporal en el 2007, en comparación a las 228,660 hectáreas sembradas en el resto de los Estados que conforman el altiplano central (SIAP, 2007). Por otro lado, el estado de Zacatecas esta constituido como el principal productor de frijol de México, ya que la superficie sembrada con esta leguminosa fue de 537,982 hectáreas, lo cual representa aproximadamente un 48% del total reportado para todo el altiplano (SIAP, 2007). Desafortunadamente, la superficie cosechada suele ser menor debido al efecto detrimental de diversos elementos de tipo climático, así como los insectos plaga, enfermedades y/o malezas.

Uno de los principales problemas que limitan la producción regional de frijol es el manejo inadecuado de la maleza, ya que además de disminuir el rendimiento de frijol, aumenta la dificultad de la cosecha (Amador, 1993a). Las plantas de esta leguminosa compiten pobremente con la maleza, especialmente en etapas iniciales de su crecimiento. Las malezas que emergen al mismo tiempo, o poco después, con los cultivos representan un gran problema porque ellas interfieren más en el crecimiento y desarrollo del cultivo que las malezas que emergen tardíamente (Knezevic *et al.*, 1997; Schweizer *et al.*, 1998). Las malezas que emergen en cualquier momento durante el desarrollo del cultivo competirán con el frijol por recursos, pero el efecto en el cultivo será mayor en la medida en que el período crítico de competencia sea más largo. El manejo de la maleza podría ser simplificado si todas las malezas emergieran al mismo tiempo. Sin embargo, la emergencia de las malezas es un proceso intermitente con la aparición del más grande número de plantas durante el verano (Popay y Roberts, 1970). Al establecerse la

competencia entre la maleza y el cultivo, el uso de los elementos del crecimiento y desarrollo será de acuerdo con la densidad y agresividad de las plantas para satisfacer sus necesidades.

Frecuentemente, el frijol sembrado en condiciones de temporal es infestado con malezas del tipo de hoja ancha y en menor proporción con malezas de hoja angosta (Aguilar, 1975a). La presencia de malezas en los cultivos trae consigo el fenómeno de competencia por los diversos elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Entre los elementos de competencia están la luz, humedad, nutrientes y espacio (Zimdahl, 1980).

Aunque la competencia por nutrientes entre las malezas y el cultivo de frijol no está documentado, Vengris *et al.* (1955) observaron que la eficiencia relativa de absorción de nutrientes (elementos mayores) en otros cultivos como el maíz se redujo prácticamente un 50%. Por otro lado, las malezas son plantas con alta capacidad para extraer agua del suelo, lo cual señala a este grupo de plantas como un factor de alto grado de competencia para los cultivos. Anderson (1983) señala que el consumo de agua de algunas malezas es de 330 a 1900 kg para producir un kilogramo de materia seca. Asimismo, Amador (1991) menciona que la maleza suele ser más eficiente en el uso del agua cuando el consumo de humedad del suelo se acerca al punto de marchitez permanente, con respecto a cuando el consumo solo involucró un escaso abatimiento de humedad del suelo (Cuadro 1). Las malezas compiten eficazmente porque son más eficientes en el uso del agua, aunque tal eficiencia competitiva puede ser afectada por las condiciones de humedad del suelo (Weise y Vandiver, 1970).

Las malezas, al competir con los cultivos por la humedad del suelo, generalmente reducen la cantidad de agua disponible para la absorción de las raíces afectando el estado hídrico de las plantas cultivadas (Scott y Geddes, 1979). La insuficiencia de agua en la planta tiende a afectar su crecimiento al modificar su anatomía, morfología, fisiología y bioquímica

(Kramer, 1974). Sin embargo, esto no siempre es verdad, porque en un estudio de dos años realizado con frijol de temporal expuesto a diferentes tiempos de competencia por malezas (Cuadro 2), el contenido de humedad de las plantas de frijol limpio de maleza fue similar a aquel tratamiento enhierbado todo el ciclo (Amador, 1993a). Al analizar esta respuesta del frijol a la presencia o ausencia de malezas y compararla con información proveniente de otros estudios (Munger *et al.*, 1987), se puede concluir que en la mayoría de los casos el efecto fue debido a que las malezas estuvieron compitiendo con el frijol, por factores como la luz (Stoller y Woolley, 1985), los nutrientes y el espacio (Anderson, 1983).

Cuadro 1. Eficiencia en el uso del agua ( $\text{mg MS cm}^{-3}$  agua) de cuatro especies vegetales en cuatro niveles de consumo de humedad del suelo. (*Fuente:* Amador, 1991).

| Especie            | Nivel de humedad (%) |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | 1986                 |      |      |      | 1987 |      |      |      |
|                    | 21.4                 | 16.2 | 14.4 | 13.4 | 21.4 | 16.2 | 14.4 | 13.4 |
| Amaranthus palmeri | 3.9                  | 4.04 | 4.76 | 4.8  | 5.9  | 6.2  | 6.8  | 6.6  |
| Eragrostis diffusa | 1.15                 | 2.24 | 3.12 | 3.51 | 6.9  | 7.0  | 8.2  | 8.0  |
| Bidens odorata     | -                    | -    | -    | -    | 2.9  | 3.1  | 2.6  | 3.2  |
| Frijol             | 1.2                  | 1.24 | 1.29 | 1.43 | -    | -    | -    | -    |

## 2. COMPETENCIA MALEZA-CULTIVO

En la región del altiplano de Zacatecas, el rendimiento de frijol de temporal se ha visto reducido entre 76 y 81% por efecto de competencia de una comunidad de arvenses en la que predominan la aceitilla y el quelite (Aguilar, 1973; Aguilar 1975b). Incluso, se han llegado a estimar

pérdidas en rendimiento del orden del 96% en frijol de riego en Aguascalientes (Solórzano, 1983). Sin embargo, el rendimiento varía dependiendo de la especie de maleza, de la densidad de malezas y tiempo de emergencia (Blackshaw, 1991; Chikoye *et al.*, 1995; Wilson, 1993).

Cuadro 2. Contenido relativo de agua (%) del frijol expuesto a la competencia con malezas. (*Fuente: Amador, 1993a*).

| Tratamiento             | Días después de siembra |    |    |    |      |    |    |    |
|-------------------------|-------------------------|----|----|----|------|----|----|----|
|                         | 1987                    |    |    |    | 1988 |    |    |    |
|                         | 23                      | 50 | 64 | 84 | 25   | 55 | 67 | 81 |
| Limpio <sup>1</sup>     | 86                      | 80 | 86 | 88 | 83   | 89 | 90 | 86 |
| 25 E-L <sup>2</sup>     | 86                      | 74 | 84 | 84 | 82   | 88 | 87 | 83 |
| 45 E-L-                 | 82                      | 69 | 91 | 89 | 84   | 88 | 87 | 82 |
| Enhierbado <sup>3</sup> | 84                      | 73 | 91 | 88 | 85   | 93 | 87 | 79 |
| C. V. (%)               | 3                       | 8  | 4  | 3  | 4    | 3  | 3  | 4  |

<sup>1</sup>Sin malezas todo el ciclo del cultivo.

<sup>2</sup>Días de enhierbado, después limpio.

<sup>3</sup>Con malezas todo el ciclo.

Una apropiada estrategia de control de malezas en frijol deberá de suprimir las malezas durante el período crítico de competencia, el cual varía desde 3 hasta 5 semanas después de la plantación de frijol de temporal, dependiendo de la especie de maleza. Para el Altiplano norte centro, el período crítico de competencia consiste en eliminar la maleza del cultivo durante los primeros 45 días después de siembra (Figura 1).

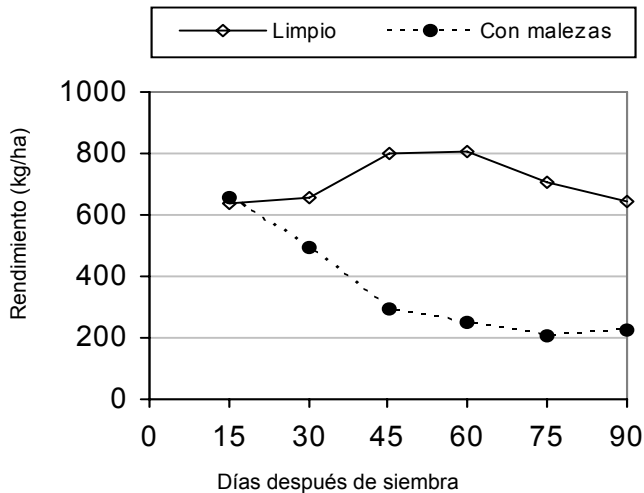


Figura 1. Rendimiento de frijol cv. Bayo Baranda en condiciones de temporal en Calera, Zac. Estudio de períodos críticos de competencia en 1975.

No obstante que los estudios de períodos críticos de competencia realizados en Zacatecas hayan sido llevados a cabo hace 33 años y con otro tipo de variedad de frijol, la sugerencia de deshierbar durante los primeros 45 días después de siembra, es válida en siembras de genotipos de frijol con duración hasta madurez fisiológica de 90 días, lo cual significa mantener limpio de malezas durante el 50% del ciclo de vida del cultivo. Este mismo concepto de mantenimiento del 50% del ciclo de vida del cultivo sin malezas, es ajustable a siembras de riego donde generalmente se usan genotipos de frijol con ciclos de hasta 110 días desde siembra hasta maduración fisiológica.

### 3. POBLACIÓN DE MALEZA

Para minimizar los problemas ocasionados por malezas, Neal y Warren (1998) mencionan que se debe desarrollar e implementar un programa de manejo de malezas previo a la plantación, el cual deberá

incluir cuatro fases: 1) conocimiento de la maleza (identificación y ciclo de vida), 2) conocimiento de las opciones disponibles sobre manejo de malezas, 3) preparación del sitio de siembra (eliminar malezas perennes de hoja ancha y coquillos antes de plantación) y 4) implementación de una combinación de métodos efectivos para prevenir y controlar malezas.

La primera fase en el desarrollo de un programa exitoso de manejo de maleza es identificar las malezas presentes en el cultivo de frijol y sus ciclos de vida asociados. Por ejemplo, conocer el nombre correcto de la maleza ayuda a entender las etiquetas de los herbicidas y las recomendaciones de control. La identificación y nomenclatura correcta de cada especie de maleza son básicas para cualquier programa de investigación y/o de control.

En la región del altiplano de Zacatecas, el rendimiento del cultivo de frijol de temporal es reducido por infestaciones de una comunidad de 21 especies de maleza, entre las cuales sobresalen la acetilla, lampote, gordolobo, quelite y zacate sabaneta, con frecuencias de infestación de 90, 72, 28, 24 y 34%, respectivamente (Cuadro 3). La acetilla es considerada el máximo problema, porque agregado a su alta frecuencia de aparición, esta especie de maleza tiene un rango de infestación de 41 a 45% (Aguilar, 1975a).

En general, no solamente es importante conocer los nombres de las malezas, sino también es crítico conocer el ciclo de vida y la capacidad reproductiva de la planta (Lee y Schroeder, 1995). El conocimiento del ciclo de vida de las malezas, su fenología y la forma biológica es importante para poder planear el combate y el uso de las mismas (Villegas, 1979). Por otro lado, con la determinación de los ciclos de vida de las malezas se obtiene información sobre épocas de germinación y métodos de reproducción (Neal y Warren, 1998).



Cuadro 3. Lista de malezas encontradas en lotes de frijol de la región del Altiplano Zacatecano.

| Nombre común     | Nombre científico              | Familia        | Ciclo de vida |
|------------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| Aceitillas       | <i>Bidens</i> spp              | Compositae     | A             |
| Quelite          | <i>Amaranthus palmeri</i>      | Amaranthaceae  | A             |
| Mostacilla       | <i>Brassica campestris</i>     | Compositae     | A             |
| Lampote          | <i>Simsia amplexicaulis</i>    | Compositae     | A             |
| Gordolobo        | <i>Helianthus petiolaris</i>   | Compositae     | A             |
| Zacate sabaneta  | <i>Eragrostis diffusa</i>      | Graminae       | A             |
| Epazote          | <i>Chenopodium incisum</i>     | Chenopodiaceae | A             |
| Cola de zorra    | <i>Ambrosia artemisiifolia</i> | Compositae     | A             |
| Mancamula        | <i>Solanum rostratum</i>       | Solanaceae     | A             |
| Trompillo        | <i>Solanum eleagnifolium</i>   | Solanaceae     | P             |
| Quelite de perro | <i>Chenopodium album</i>       | Chenopodiaceae | A             |
| Chayotillo       | <i>Xanthium strumarium</i>     | Compositae     | A             |
| Hierba del golpe | <i>Gaura coccinea</i>          | Onagraceae     | A             |
| Limoncillo       | <i>Dalea citridora</i>         | Leguminosae    | A             |
| Hierba en Cruz   | <i>Chamaesaracha conioides</i> | Solanaceae     | A             |
| Coquito          | <i>Hoffmansegia glauca</i>     | Leguminosae    | P             |
| Chía             | <i>Salvia sp</i>               | Labiales       | A             |

A= anual; P= perenne.

Otro factor importante en el establecimiento de un manejo apropiado de malezas en frijol es su distribución en el terreno. Las poblaciones de maleza suelen presentar diferente distribución espacial causada por factores genéticos de la especie de maleza, competencia intraespecífica y competencia interespecífica con otras especies de maleza (Figuroa y Morales, 1992). La maleza puede distribuirse en forma agregada, concentrada, uniforme y lineal (Figura 2). Por muchos años los investigadores asumieron que las poblaciones de maleza se distribuían de manera aleatoria en el cultivo (Schweizer *et al.*, 1998), sin embargo, el patrón de distribución de semillas y plántulas de maleza tiende a ser en agregado en campos de cultivo (Amador-Ramírez, 2003; Johnson *et al.*, 1996; Cardina *et al.*, 1996).

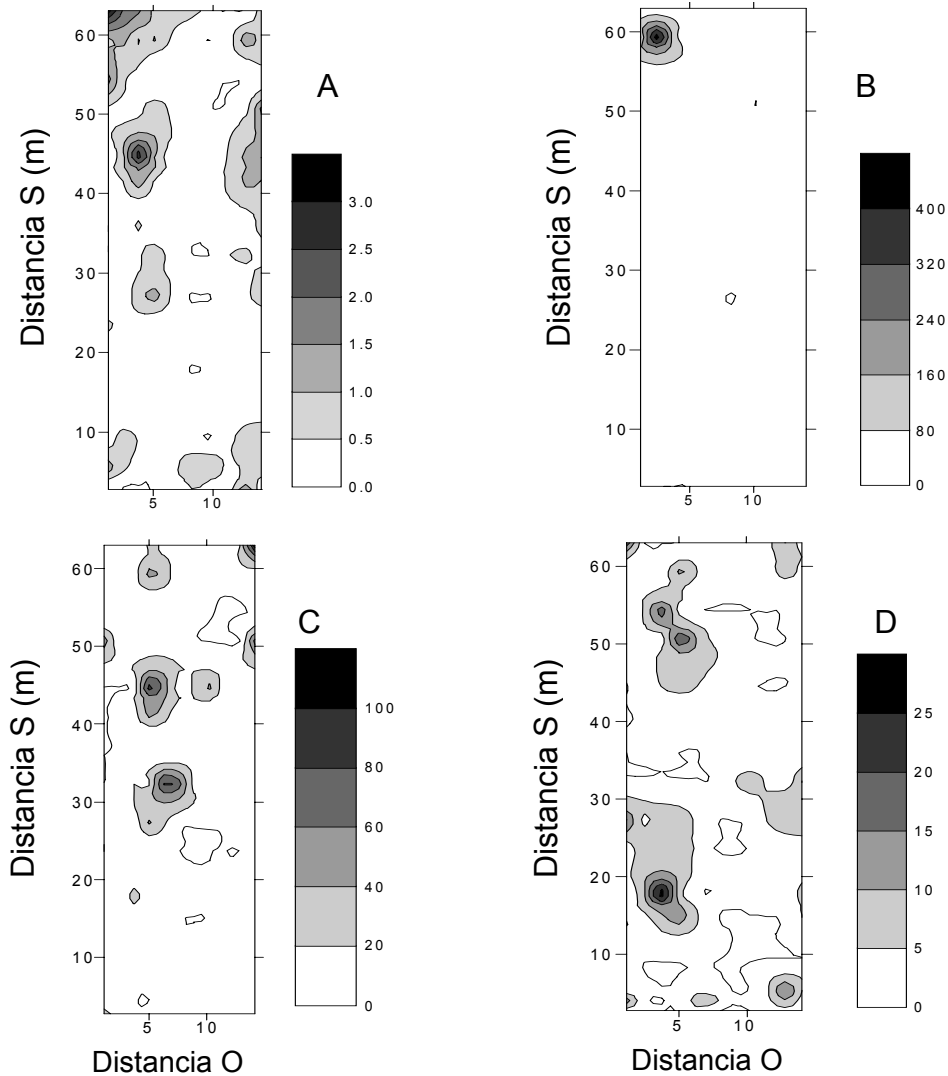


Figura 2. Distribución espacial a nivel parcelario del banco de semillas emergido en 1996 de (A) quelite de perro, (B) *Solanum sarrachoides*, (C) verdolaga, y (D) quelite. La leyenda indica número de semillas emergidas por 0.27 m<sup>2</sup>. (Fuente: Amador-Ramírez, 1999).

Algunas implicaciones de la distribución agregada de la maleza serían:

- La sobreestimación de la pérdida en rendimiento de cultivos, debido al uso de la densidad promedio de la maleza en lugar de usar su carácter agregado (Schweizer *et al.*, 1998).
- La agregación en poblaciones de maleza conduce a la ineficiencia en la aplicación de medidas de control.
- La estructura espacial podría influir en la toma de decisiones de asperjar o no asperjar un herbicida, y
- La eficiencia en el uso del herbicida sería mayor en situaciones de agregación de las poblaciones de maleza (Johnson *et al.*, 1995), porque la aplicación del herbicida sería en sitio específico.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES MALEZAS QUE INFESTAN AL CULTIVO DE FRIJOL

Nombre común: **Aceitilla**

Nombre científico: ***Bidens odorata Cav***

Familia: **Composite**

##### **Descripción**

Maleza conocida también como "te de milpa" o "acahual"; de hoja ancha; período de vida es de un año. Se reproduce por semilla y presenta una altura de 30 a 50 centímetros aproximadamente.

El tallo es erecto, ramificado y un rasgo que lo caracteriza es el de ser **cuadrangular**. Las hojas son opuestas y divididas en tres a siete segmentos de 1.5 a 7 centímetros de largo, de forma ovada y con los márgenes aserrados.



La semilla mide de 4 a 16 milímetros de largo; es linear, encorvada, lleva dos o tres aristas de 2 a 4 milímetros de largo.

Nombre común: **Quelite**

Nombre Técnico: ***Amaranthus palmeri***

**S. Wats.**

Familia: **Amaranthaceae**

##### **Descripción**

Conocido también como "bledo común" o "bledo blanco". Maleza de hoja ancha, cuyo período de vida es de un año.



Se reproduce por semilla. La planta llega a medir desde 15 centímetros hasta 1.5 metros de altura aproximadamente.

Nombre común: **Zacate sabaneta**

Nombre científico: ***Eragrostis diffusa* Buckl.**

Familia: **Graminae**

**Descripción:** También es conocido como "zacate sábana". Es una planta anual, herbácea, la cual se reproduce por semilla. Los tallos son erectos, llegando a medir de 20 a 70 cm de alto. Las hojas son linear-lanceoladas, glabras, y miden de 4 a 20 cm de largo. La inflorescencia se presenta como una panícula de 10 a 20 cm de largo; las espiguillas están provistas de un corto pedicelo, miden de 4 a 10 cm de largo y contienen de 6 a 17 flores.



La semilla o cariopsis mide 0.8 mm de largo. Se le localiza en áreas cultivadas, orillas de caminos y terrenos perturbados. Se puede controlar por medio de escardas manuales, mecánicas y herbicidas.

## **5. MÉTODOS DISPONIBLES PARA PREVENIR Y CONTROLAR MALEZA**

El control de la maleza en la región productora de frijol del altiplano zacatecano se realiza mediante escardas y azadón. Los productores de la región generalmente realizan una o más escardas o cultivos mecánicos, según las condiciones del clima y el desarrollo del cultivo lo permitan, para controlar la maleza (Escobedo *et al.*, 1987; Pérez, 1998). Además del control mecánico mediante escardas o azadón, la maleza puede ser controlada químicamente con herbicidas preemergentes (Amador *et al.*, 2004) y postemergentes (Amador, 1993b).

En una caracterización de productores de frijol del altiplano de Zacatecas, Pérez y Galindo (2001) manifestaron que entre el 9 y 18% de

los entrevistados aplicaron algún herbicida para controlar la maleza, sin precisar el nombre del producto químico. Asimismo, la mayoría de los agricultores controlan la maleza mediante la aplicación de una o dos escardas. El control de malezas en frijol incluye el manejo cultural, mecánico y químico.

### ***Manejo cultural de la maleza***

El objetivo de este manejo es darle al cultivo de frijol una ventaja competitiva sobre la maleza. Los productores pueden darle esa ventaja al mantener una apropiada fertilidad del suelo y al manejar o evitar parcelas infectadas con enfermedades o nemátodos (Lee y Schroeder, 1995). La rotación de cultivos es una práctica cultural efectiva para reducir el problema de la maleza en plantaciones de frijol. También, conocer qué grado de infestación con maleza tendrá una determinada parcela, ayudará a decidir si es buena idea plantar frijol en ésta.

La maleza que emerge en el fondo del surco es usualmente controlada con el uso de la cultivadora, pero la maleza que surge en el hilo de siembra representa el mayor reto de todo programa de control. La mayoría de las veces, estas malezas presentes en el hilo de siembra compiten con el frijol reduciendo el rendimiento y aumentando la dificultad de la cosecha. Afortunadamente, la presencia del frijol se ha visto que reduce la emergencia de plántulas de maleza hasta en 30% a los 63 días después de siembra, al inducir cambios en el microclima del suelo alrededor de la semilla de la maleza y consecuentemente reducir el efecto de las malezas en el cultivo (Figura 3).

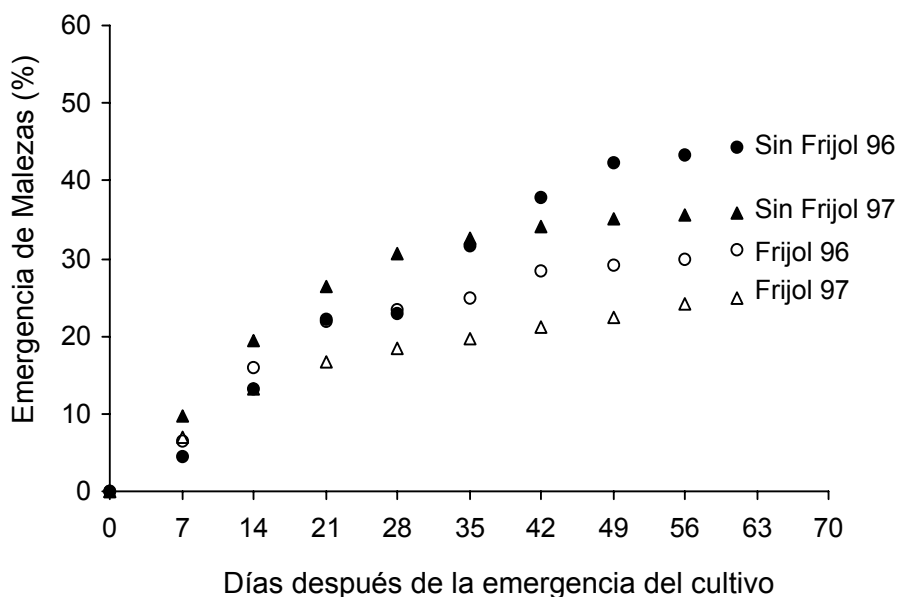


Figura 3. Influencia del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la emergencia acumulada de plántulas de maleza en 1996 y 1997 (Fuente: Amador-Ramirez *et al.*, 2002).

Los cambios en el clima del suelo inducidos por la presencia del cultivo incluyen la reducción en la cantidad y calidad de la luz, concentración de CO<sub>2</sub> en el suelo e interferencia en la transferencia de calor. Estos cambios reducen la germinación de la semilla de malezas y consecuentemente la emergencia. Los efectos de la presencia del cultivo en las malezas incluyen el retardo de la emergencia de plántulas de maleza (Fidanza *et al.*, 1996) y la reducción en la densidad de malezas (Benech-Arnold y Sánchez, 1995).

### **Manejo mecánico de la maleza**

El uso de escardas es aún una herramienta efectiva en el manejo de malezas cuando éstas son pequeñas. Los productores de frijol usualmente escardan en dos ocasiones, la primera alrededor de los 22 días y la segunda a los 45 días después de la siembra (Pérez, 1998), ambas durante el período crítico de interferencia con el cultivo. La primera escarda es la más importante porque la competencia de la maleza después de esta escarda solo reduce el rendimiento de frijol en 18% (Amador, 1993a). Por otro lado, un retraso en la primera escarda podría reducir el rendimiento de grano hasta en un 39% (Amador, 1993a) debido a que la primera generación de malezas compite con el cultivo durante este período crítico de interferencia (Wilson, 1993).

Con el objeto de mantener limpio de malezas los primeros 45 días después de siembra, los cuales corresponden al período crítico de control, alrededor de 2-3 escardas acompañadas de deshierbes con azadón deberán usarse antes del cierre del cultivo. Los deshierbes manuales o con azadón en la hilera de siembra de frijol son requeridos para eliminar especies de malezas no controladas con la cultivadora. Escobedo *et al.*, (1987) y Escobedo y Rincón (1991) observaron una relación inversa en el sentido de que a mayor número de escardas la población de malezas es menor; las parcelas manejadas con dos o tres escardas tuvieron 28 y 37% menor población de maleza, respectivamente, que con una sola escarda.

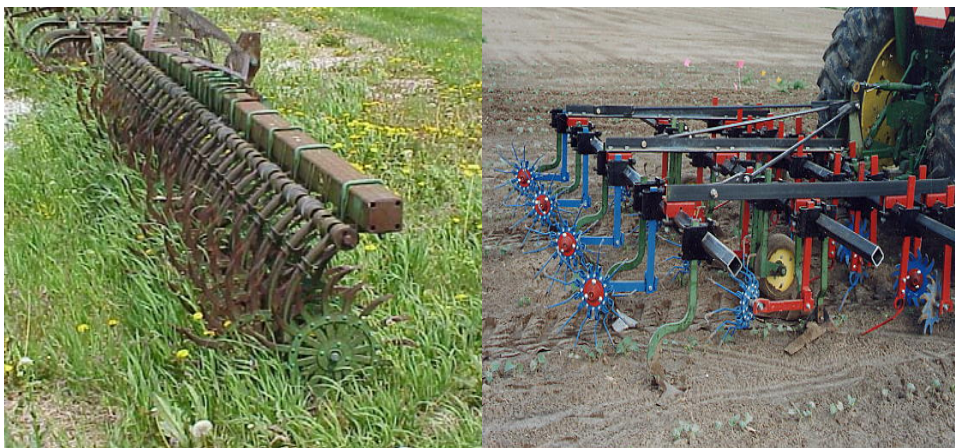
Prácticas mecánicas tales como las escardas controlan las malezas localizadas en el fondo del surco, pero las malezas cercanas a las plantas de frijol representan el mayor reto del deshierbe mecánico. Para el control de estas malezas, el azadón rotatorio<sup>4</sup> (rotary hoe) y el cultivador Bezzerrides<sup>5</sup> han sido usados en otros países con resultados variables (Figura 4).

---

<sup>4</sup> Deere and Company, One John Deere Place, Moline, IL 61265.

<sup>5</sup> Bezzerrides Brothers, Inc. 14142 Avenue 416, Orosi, CA 93647.





Azadón rotatorio

Cultivador Bezzerrides

Por ejemplo, el azadón rotatorio usado antes de la emergencia de malezas redujo en 80 % la infestación de malezas (Lovely *et al.*, 1958), aunque el tiempo apropiado para controlar malezas con el azadoneo rotatorio es en las etapas de crecimiento de cotiledón a dos hojas de las malezas (Pullen y Cowell, 1997), o en la etapa de cotiledón en el frijol (Amador-Ramirez *et al.*, 2001).

Por otro lado, el cultivador Bezzerrides fue efectivo en la remoción de malezas de 5 cm o menos de altura, al ser usado en las etapas de hoja unifoliada y cuarta hoja trifoliada (Amador-Ramirez *et al.*, 2001). Estos implementos agrícolas complementarían las actuales prácticas culturales de control de malezas y tendrían el potencial de reducir el uso de agroquímicos.

### ***Manejo químico de la maleza***

Basado en encuestas realizadas a productores de la región del altiplano zacatecano, los herbicidas es un insumo poco aplicado (Pérez y Galindo, 2001). Sin embargo, el manejo químico de malezas llevado a cabo mediante herbicidas es una alternativa que permitiría la reducción de costos en las labores de cultivo.

A menudo los herbicidas ofrecen un buen control de muchas especies de malezas cuando son combinados con buenas prácticas culturales y mecánicas. El uso de herbicidas depende de la especie de maleza, época de aplicación y prácticas culturales, aunque en muchas ocasiones la aplicación de herbicidas esta relacionada con la existencia de determinado producto herbicida en el mercado local más que a la eficiencia y oportunidad.

En la región frijolera del altiplano de Zacatecas, el primer reporte sobre control químico de la maleza de hoja ancha menciona que con bentazon en dosis de  $2.0 \text{ lt ha}^{-1}$  es posible alcanzar un 90% de efectividad (Aguilar, 1975c). Sin embargo, nuevos productos para el control de maleza, y de los cuales se requiere información, están constantemente emergiendo en el mercado de los herbicidas.

Mediante la aplicación en postemergencia de fomesafen o bentazon es posible obtener un efectivo y constante control de maleza, independientemente del número de escardas realizadas al frijol (Cuadro 4). Sin embargo, la efectividad del herbicida bentazon puede ser reducido por eventos lluviosos acontecidos en las siguientes dos horas después de la aplicación del herbicida, tal y como fue observado por Amador (1993b) y Doran y Anderson (1975).

Cuadro 4. Efecto interactivo entre herbicidas aplicados en postemergencia y escardas en el porcentaje de control de maleza en frijol de temporal en 1989 (*Fuente:* extractado de Amador, 1993b).

|              | Número de escardas |    |     |
|--------------|--------------------|----|-----|
|              | 2                  | 1  | 0   |
| Bentazon     | 97                 | 98 | 100 |
| Fomesafen    | 98                 | 98 | 100 |
| Acifluorfen  | 94                 | 88 | 97  |
| No herbicida | 84                 | 56 | 0   |

Mediante la asociación de escardas y herbicidas postemergentes, es posible controlar la población de maleza en mayor porcentaje que con la realización de escardas, aunque los efectos variaron en función de la cantidad de escardas y del herbicida utilizado.

Considerando que la información sobre herbicidas preemergentes para frijol es escasa, de que existe una reducida disponibilidad de herbicidas preemergentes en la región del altiplano norte centro, y de que fomesafen presenta una alta permanencia en el suelo después de ser aplicado en postemergencia en siembras de frijol, la aplicación de fomesafen en preemergencia, así como su excelente control de malezas, solucionó la necesidad por herbicidas que deben ser aplicados dos o tres días después de la siembra de frijol (Cuadro 5).

Cuando el herbicida fomesafen fue aplicado en preemergencia, las parcelas mostraron la menor densidad de malezas, la menor altura y el mayor porcentaje de control de malezas a los 22 y 90 días después de siembra. De hecho, la efectividad de prometryn y DCPA es equiparable a la aplicación de escardas, por lo que no es recomendable la aplicación de estos herbicidas. Por otro lado, la aplicación previa a la siembra de frijol de

EPTC mezclado con ethalfluralin ha proporcionado un excelente control de malezas tales como quelite *Amaranthus retroflexus* y quelite de perro *Chenopodium álbum*, en la región productora de frijol de Nebraska (Amador-Ramirez *et al.*, 2001).

Cuadro 5. Efecto del número de escardas y tratamientos de herbicidas aplicados en preemergencia sobre la densidad, altura y control de maleza en 1994 (Fuente: Amador *et al.*, 2004).

| Tratamiento  | Densidad<br>(plantas/m <sup>2</sup> ), | Altura<br>(cm) | Control de maleza (%) |        |
|--------------|--|----------------|-----------------------|--------|
|              |  |                | 21 dds                | 90 dds |
| 1 escarda    | 36                                     | 3.8            | 87                    | 73     |
| 2 escardas   | 16                                     | 2.9            | 91                    | 92     |
| Fomesafen    | 3                                      | 0.6            | 96                    | 99     |
| Prometryn    | 24                                     | 3.3            | 90                    | 91     |
| DCPA         | 38                                     | 6.0            | 81                    | 66     |
| No herbicida | 38                                     | 3.4            | ---                   | 75     |

\*dds=días después de siembra.

## 6. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La información contenida en el presente capítulo resalta la importancia que las malezas representan dentro de la agricultura, desde la identificación y descripción de las especies de maleza hasta el establecimiento de medidas apropiadas de control. Si se parte del hecho de que las malezas forman parte de un todo llamado agroecosistema, y que están en constante interacción con los cultivos, el desarrollo de cualquier sistema de manejo integrado de malezas requiere del conocimiento de las malezas, no solamente en el sistema frijol, sino en el agroecosistema en general.

De acuerdo con Shaw (1982) el manejo integrado de malezas es una integración de prácticas efectivas de manejo de la maleza y el cultivo, tales como el uso de escardas oportunas y métodos químicos efectivos en un

sistema de producción de cultivos. Como se ha mencionado previamente, los objetivos de las investigaciones en este capítulo, al igual que los objetivos del enfoque de manejo integrado de malezas, fueron: la reducción de pérdidas en rendimientos del frijol causadas por la presencia de malezas, la reducción de costos del control de malezas, la reducción de mano de obra y prácticas de labranza para controlar la maleza.

Los resultados de todos los estudios emprendidos en el Altiplano están contribuyendo al desarrollo de un sistema de manejo integrado de malezas para frijol. La información de este capítulo provee una base para los productores de frijol y asistentes técnicos vinculados con la producción de esta leguminosa con respecto a medidas oportunas de control de malezas, sin importar la metodología.

## **7. LITERATURA CITADA**

- Aguilar A., S. 1973. Determinación de la época crítica de competencia entre el frijol y las malas hierbas. Informe de Investigación Agrícola Ciclo 1973. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. CIANE-INIA-SAG. pp. 51-61.
- Aguilar A., S. 1975a. Reconocimientos zonales de malas hierbas y su colección en el cultivo del frijol de temporal. Informe de Investigación Agrícola Ciclo 1975. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. CIANE-INIA-SAG. pp. 69-82.
- Aguilar A., S. 1975b. Determinación de la época crítica de competencia entre el frijol y las malas hierbas. Informe de Investigación Agrícola Ciclo 1975. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. CIANE-INIA-SAG. pp. 83-98.
- Aguilar, A., S. 1975c. Evaluación del combate químico de malezas en frijol a nivel de parcelas semicomerciales. Informe de Investigación Agrícola Ciclo 1975. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. CIANE-INIA-SAG. pp. 110-120.
- Amador R., M. D. 1991. Comportamiento de malezas en diferentes niveles de humedad del suelo. *Terra* 9(2):230-236.
- Amador R., M. D. 1993a. Competencia de malezas con frijol de temporal en Zacatecas. *Rev. Fitotec. Méx.* 16:1-11.

- Amador R., M. D. 1993b. Asociación escardas y herbicidas para el control de maleza en frijol. *Agric. Tec. Méx.* 19(2):129-140.
- Amador-Ramirez, M. D. 1999. Weed emergence and in-row weed control in dry bean. Ph.D. Diss. University of Nebraska. U.S.A. 83 p.
- Amador-Ramirez, M. D., R. G. Wilson, and A. R. Martin. 2001. Weed control and dry bean (*Phaseolus vulgaris*) response to in-row cultivation, rotary hoeing, and herbicides. *Weed Technol.* 15:429-436.
- Amador-Ramirez, M. D., R. G. Wilson, and A. R. Martin. 2002. Effect of in-row cultivation, herbicides, and dry bean canopy on weed seedling emergence. *Weed Sci.* 50:370-377.
- Amador-Ramirez, M. D. 2003. Labranza reducida y convencional en la distribución espacial de la maleza y rendimiento de frijol. *Terra* 21:551-560.
- Amador R., M. D., E. Acosta D., J. S. Escobedo R. y R. Gutiérrez L. 2004. Control de malezas con escardas y herbicidas preemergentes en frijol en Zacatecas. Folleto Científico No. 6. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. 20 páginas.
- Anderson, W. P. 1983. *Weed Science: Principles*. Second Edition. West Pub. Co. Saint Paul, Minn. USA. 655 pages.
- Benech-Arnold, R. L. and R. A. Sánchez. 1995. Modeling weed seed germination. Pages 545-566 in J. Kigel and G. Galili, eds. *Seed Development and Germination*. New York: Marcel Dekker
- Blackshaw, R. E. 1991. Hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Sci.* 39:48-53.
- Cardina, J., D. H. Sparrow, and E. L. McCoy. 1996. Spatial relationships between seedbank and seedling populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. *Weed Sci.* 44:298-308.
- Chikoye, D., S. F. Weise, and C. J. Swanton. 1995. Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density of white bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Sci.* 43:375-380.
- Doran, D. L. and R. N. Anderson. 1975. Effects of simulated rainfall on bentazon activity. *Weed Sci.* 23:105-109.
- Escobedo R., J. S., F. G. Echavarría Ch., H. Carrillo y M. González. 1987. Diagnóstico agrícola en El Bordo, Guadalupe, Zacatecas. Informe de Actividades. SARH-INIFAP-CIFAP-Zacatecas.

- Escobedo R., J. S. y J. F. Rincón V. 1991. Marco de referencia de frijol y chile de riego y frijol de temporal en Zacatecas. Documento Interno de Trabajo. SARH-INIFAP-Zacatecas.
- Fidanza, M. A., P. H. Dernoeden, and M. Zhang. 1996. Degree-days for predicting smooth crabgrass emergence in cool-season turfgrasses. *Crop Sci.* 36:990-996.
- Figueroa S., B. y F. J. Morales F. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México.
- Johnson, D. A. Mortensen, and A. R. Martin. 1995. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. *Weed Res.* 35:197-205.
- Johnson, G. A., D. A. Mortensen, and C. A. Gotway. 1996. Spatial and temporal analysis of weed seedling populations using Geostatistics. *Weed Sci.* 44:704-710.
- Knezevic, S. Z., M. L. Horak, and R. L. Vanderlip. 1997. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. *Weed Sci.* 45:502-508.
- Kramer, P. J. 1974. Relaciones Hídricas de Suelo y Plantas. Ed. EDUTEX S.A. México 538 pp.
- Lee, R. D. and J. Schroeder. 1995. Weed management in chile. NMSU Agricultural Experiment Station. Circular 548. Las Cruces, NM. 14 pages.
- Lovely, W. G., C. R. Weber, and D. W. Staniforth. 1958. Effectiveness of the rotary hoe for weed control in soybeans. *Agron. J.* 50:621-625.
- Munger, P. H., J. M. Chandler, J. T. Cothren, and F. M. Hons. 1987. Soybean (*Glycine max*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interspecific competition. *Weed Sci.* 35:647-653.
- Neal, J. C. and S. L. Warren. 1998. Weed management in annual color beds. North Carolina Cooperative Extension Service.  
<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-644.html>
- Pérez T., H., 1998. Guía para cultivar frijol en el estado de Zacatecas. Folleto para Productores No. 1 (2a Edición). Campo Experimental Calera. INIFAP. 40 páginas.
- Pérez T., H., y G. Galindo G. 2001. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *Terra* 21:137.147.

- Popay, A. I. and E. H. Roberts. 1970. Ecology of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik and *Senecio vulgaris* L. in relation to germination behaviour. J. Ecol. 58:123-139.
- Pullen, D. W. M. and P. A. Cowell. 1997. An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanisms for use in high speed inter-row weeding of arable crops. J. Agric. Eng. Res. 67:27-34.
- Schweizer, E. E., D. W. Lybecker, and L. J. Wiles. 1998. Important biological information needed for bioeconomic weed management models. Pages 1-24 in J. L. Hatfield, D. D. Buhler, and B. A. Stewart, eds. Integrated Weed and Soil Management. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Scott, H. D. and R. D. Geddes. 1979. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium pennsylvanicum*): A comparison under field conditions. Weed Sci. 27:285-289.
- Shaw, W. C. 1982. Integrated weed management systems technology for pest management. Weed Sci. 30:2-12 (Suppl.).
- SIAP [Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera]. 2007. Avance de Siembras y Cosechas por Estado de Frijol de Temporal, Ciclo Primavera-Verano. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_comdeagr.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdeagr.html)
- Solórzano V., E. 1983. Período crítico de competencia entre malezas y frijol de riego en Pabellón, Ags. Fitotecnia 5:75-89.
- Stoller, E. W. and J. T. Woolley. 1985. Competition for light by broadleaf weeds in soybeans (*Glycine max*). Weed Sci. 33:199-202.
- Vengris, J., W. G. Colby, and M. Drake. 1955. Plant nutrient competition between weeds and corn. Agron. J. 47:213-216.
- Villegas y de Gante, M. 1979. Malezas de la Cuenca de México: Especies Arvenses. Instituto de Ecología A.C. Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. Publicación No. 5. México, D.F. 137 páginas.
- Weise, F. A. and W. C. Vandiver. 1970. Soil moisture effects on competitive ability of weeds. Weed Sci. 18:518-519.
- Wilson, R. G. 1993. Wild proso millet (*Panicum milliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). Weed Sci. 41:607-610.
- Zimdahl, R. L. 1980. Weed-Crop Competition: A review. International Plant Protection Center. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. 195 pages.



# Capítulo 11

## BIOLOGIA, HÁBITOS Y MANEJO DE INSECTOS PLAGA DEL FRIJOL ALMACENADO

A. Marín Jarillo<sup>1</sup> y R. Bujanos Muñiz<sup>1</sup>

### RESUMEN

En este capítulo se describen aspectos de sistemática, biología, ecología y comportamiento de las especies *Acanthoscelides obtectus* Say. y *Zabrotes subfasciatus* Boh., insectos causantes del mayor daño económico sobre el grano de frijol almacenado en México. Se presentan resultados de cinco productos químicos aplicados al grano a diferentes dosis, así como las características y técnicas recomendadas para la utilización de los fumigantes autorizados en el catálogo de plaguicidas de la COFEPRIS, para el control de estos insectos en grano encostalado, a granel y almacenado. Además, se proporciona una lista de los principales tipos de control físico, haciendo hincapié en el uso de polvos minerales y vegetales útiles en el control de insectos plaga del frijol almacenado.

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos de mayor importancia en la dieta alimenticia de los mexicanos es el frijol; actualmente se cultivan en México 1 millón 823 mil hectáreas (INEGI, 2004), sembradas bajo condiciones de temporal y riego. Los problemas fitosanitarios originados por hongos, bacterias, virus e insectos, causan grandes pérdidas a los agricultores. Entre los insectos plaga se encuentran los que atacan a la planta del frijol durante todo su ciclo biológico como son: chicharritas (*Empoasca* spp.), conchuela del frijol (*Epilachna varivestis* Mulsant), mosquita blanca (*Trialetrodes vaporariorum* (West.)), diabrótica (*Diabrotica duodecimpunctata* Fabr.), trips (*Caliothrips phaseoli* (Hood)), y el picudo del ejote (*Apion godmani* (Wagner)).

En el almacén, se encuentran coleópteros de la familia *Bruchidae* y entre las especies que más se han reportado en México destacan *Acanthoscelides obtectus* Say. (gorgojo común del frijol) y *Zabrotes subfasciatus* Boh. (gorgojo mexicano del frijol) el cual es señalado por

---

<sup>1</sup> Investigadores del Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP hasta diciembre del 2007.

Ceballos (1976) como causante de grandes pérdidas en los almacenes del estado de Guerrero; Mac Gregor (1976), menciona a cinco especies de gorgojos en su lista de los principales insectos que dañan a los granos almacenados en México.

La mayoría de las investigaciones que se realizan sobre estas plagas, tanto en campo como en el almacén, están encaminadas hacia un control de tipo químico, ya que este tipo de control aunado a técnicas modernas de construcción de graneros y silos, ofrece buenos resultados; sin embargo, para la mayoría de agricultores que no tienen acceso a este tipo de construcciones para almacenar sus granos, este control aparte de significar un incremento en el costo de su producción no les resulta tan eficaz como debería ser.



En México, se considera que por el ataque de plagas de almacén se pierde 20% de la cosecha, aun cuando el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), indica que en la recolección, desgrane y almacenamiento del frijol se pierde entre un 13 y 15% de la producción total de este producto. Estas pérdidas son ocasionadas principalmente por *Z. subfasciatus* y *A. obtectus*; insectos plagas de almacén que perfora la semilla de frijol durante las primeras etapas de su desarrollo.

Para hacer frente a este grave problema, se recomienda el uso de variedades resistentes (Painter, 1968) en combinación con otras medidas de control tales como el control químico, el uso de prácticas de cultivo y la esterilización de insectos, entre otras. El uso de variedades resistentes para evitar daño de los insectos, es aceptado prácticamente en forma universal en los medios científicos que trabajan en el mejoramiento de los cultivos. En países como México en donde los insecticidas y el equipo para su aplicación son demasiado caros, cualquier otro método alternativo de combate que tenga éxito regular es recomendable.

## 2. SISTEMÁTICA DE LAS DOS ESPECIES DE GORGOJOS DEL FRIJOL DE MAYOR IMPORTANCIA ECONÓMICA EN MÉXICO

El género *Acanthoscelides* es el que cuenta con el mayor número de especies en occidente, este contiene 250 especies y probablemente otras tantas esperan ser identificadas y descritas. Este género ha sido utilizado como “conveniente” ya que dentro de este se han colocado especies que se encuentran entre los límites con otros géneros. Debido a esta práctica, el género contiene casi la mitad de las especies de brúquidos nombradas en occidente (Johnson, 1983).

El género *Zabrotes* es conocido por los entomólogos debido a que contiene al gorgojo mexicano del frijol *Z. subfasciatus*. Con excepción de la mencionada, la mayor parte de las especies de *Zabrotes* se alimentan de semillas que no tienen importancia económica (Romero, 1992). La clasificación sistemática de las dos especies de mayor importancia económica en México se da a continuación.

|   |  |
|---|--|
| <p>Phylum <b>Arthropoda</b> Latreille, 1829 – artrópodos<br/>         Subphylum <b>Hexapoda</b><br/>         Clase <b>Insecta</b> Linnaeus, 1758<br/>         Orden <b>Coleoptera</b> Linnaeus, 1758<br/>         Suborden <b>Polyphaga</b> Emery, 1886<br/>         Superfamilia: <b>Chrysomeloidea</b><br/>         Familia: <b>Bruchidae</b><br/>         Género: <b>Acanthoscelides</b><br/> <b><i>Acanthoscelides obtectus</i></b></p> |   |
| <p>Phylum <b>Arthropoda</b> Latreille, 1829 – artrópodos<br/>         Subphylum <b>Hexapoda</b><br/>         Clase <b>Insecta</b> Linnaeus, 1758<br/>         Orden <b>Coleoptera</b> Linnaeus, 1758<br/>         Suborden <b>Polyphaga</b> Emery, 1886<br/>         Superfamilia: <b>Chrysomeloidea</b><br/>         Familia: <b>Bruchidae</b><br/>         Género: <b>Zabrotes</b><br/> <b><i>Zabrotes subfasciatus</i></b></p>           |  |

Fuente: The taxonomicon 2004-2006

### 3. ECOLOGIA, BIOLOGIA Y DAÑOS CAUSADOS POR BRÚQUIDOS EN FRIJOL ALMACENADO

*A. obtectus* deposita sus huevecillos en suturas, aberturas y orificios de vainas, en donde introduce y adhiere en forma floja los huevecillos sobre la testa del frijol, principalmente en vainas maduras (Howe & Curri, 1964; Meirleire, 1967). Si la infestación ocurre en el campo, la hembra introduce los huevecillos dentro de las vainas, en el periodo en que los granos están cerca de madurez fisiológica, mientras que, cuando la infestación de los granos se presenta en las bodegas, la hembra deposita los huevecillos libremente entre el grano; de estos, emergen larvas diminutas provistas de patas funcionales por medio de las cuales se desplaza en busca de grano que cubra sus necesidades, cuando lo localiza barrena poco a poco la testa y penetra al endospermo, alimentándose de el y dejando pequeñas galerías. Cuando la larva completa su desarrollo, antes de pupar corta de manera circular la testa dejando lo que se conoce como “ventana de emergencia” posteriormente entra en una etapa de aparente reposo, pupa y emerge el adulto. La longevidad del adulto es de alrededor de 12 días aunque algunos pueden vivir por más de cinco semanas (si son alimentados con néctar de flores). Las hembras producen 63 huevecillos desde el campo antes de la cosecha o durante el almacenamiento y conservación en las bodegas (Gutiérrez y Pérez, 1993).

Aunque las condiciones óptimas para su desarrollo están alrededor de 30°C y 70% HR, es capaz de sobrevivir en temperaturas bajas y puede respirar a menos de 18°C. Como resultado de su capacidad para tolerar un amplio rango de temperaturas, *A. obtectus* está presente en áreas altas y frías de los trópicos así como en regiones templadas. El periodo mínimo de desarrollo es de apenas 22.5 días en condiciones optimas (Howe y Curri, 1964; Meirleire, 1967).

*A. obtectus* es plaga de *Phaseolus vulgaris* y *P. lunatus* y aunque se ha registrado en otras leguminosas en México, pero raras veces alcanza un nivel de plaga en estos hospederos (Howe & Curri, 1964; Meirleire, 1967). Por su parte, *Z. subfasciatus* presenta un ciclo de vida similar a *A. obtectus*, pero en este caso las hembras adhieren fuertemente sus huevecillos a la testa o vaina del frijol. Las larvas de *Z. subfasciatus* presentan patas rudimentarias. Bajo condiciones optimas de desarrollo (similares a las de *A. obtectus*) su ciclo de vida se desarrolla en 24-25 días. La temperatura mínima registrada para su desarrollo se encuentra un poco debajo de los 20°C y la máxima está entre los 37 y 38°C (Howe y Currie, 1964; Singh *et al.*, 1979).

#### 4. CONTROL QUÍMICO

En México antes de 1960, los productos más usados para el control de las plagas de los granos almacenados fueron DDT a razón de 50 a 75 ppm, Dieldrín en dosis de 25 a 40 ppm y Lindano a razón de 5 ppm en maíz y trigo (Ramírez *et al.*, 1957 citado por Pérez, 1993). A partir de 1960 se empezaron a realizar pruebas con una serie de productos químicos de reciente aparición en el mercado, entre los que se encontraba el Malatión. El Malatión (4%) deodorizado a razón de 20 ppm y clorpirifos metílico (1%) en dosis de 4 ppm protegieron al maíz y frijol almacenado contra *Sitophilus* sp. y *Z. subfasciatus* por más de tres meses (Ceballos, 1976).

Pérez (1991), realizó una serie de estudios sobre los efectos de algunos insecticidas que tenían registro para utilizarse revueltos con los granos y las semillas; en estos se evaluaron 5 dosis de Deltametrina en comparación con las dosis comerciales de Malatión, Lindano, Fenitrotion y Pirimifos metílico contra las plagas más comunes del maíz, sorgo, trigo, cebada, arroz y frijol; en los Cuadros 1 y 2 se observa que los productos químicos probados resultaron eficientes en el control de *Z. subfasciatus* y *A. obtectus* durante los seis meses de almacenamiento que duró el experimento.

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de *Zabrotes subfasciatus* en frijol tratado con productos químicos a través del tiempo de almacenamiento, en Celaya, Gto. CEBAJ. CIR-CENTRO. INIFAP. SARH. (Pérez, 1991).

| TRATAMIENTOS*<br>(ppm) | Meses de almacenamiento |     |     |     |     |     |
|------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 1                       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|                        | Mortalidad (%)          |     |     |     |     |     |
| Deltametrina, 0.250    | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Deltametrina, 0.375    | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Deltametrina, 0.5      | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Deltametrina, 0.750    | 100                     | 100 | 100 | 100 | 92  | 100 |
| Malatión, 40.0         | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lindano, 10.0          | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fenitrotión, 10.0      | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| P. Metílico, 9.1       | 98                      | 100 | 100 | 98  | 100 | 98  |

\*Aplicados tres días después de la infestación.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de *Acanthoscelides obtectus* en frijol tratado con productos químicos a través del tiempo de almacenamiento, en Celaya, Gto. CEBAJ. CIR-CENTRO. INIFAP. SARH. (Pérez, 1991).

| TRATAMIENTOS*<br>(ppm) | Meses de almacenamiento |     |     |     |     |     |
|------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 1                       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|                        | Mortalidad (%)          |     |     |     |     |     |
| Deltametrina, 0.250    | 100                     | 98  | 100 | 100 | 94  | 48  |
| Deltametrina, 0.375    | 100                     | 98  | 100 | 100 | 100 | 44  |
| Deltametrina, 0.5      | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 46  |
| Deltametrina, 0.750    | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malatión, 40.0         | 100                     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lindano, 10.0          | 100                     | 100 | 100 | 100 | 92  | 100 |
| Fenitrotión, 10.0      | 100                     | 100 | 100 | 100 | 88  | 100 |
| P. Metílico, 9.1       | 96                      | 98  | 100 | 92  | 90  | 84  |

\*Aplicados tres días después de la infestación.

Lo anterior se debe a varios factores, entre los que sobresalen el nivel de susceptibilidad o resistencia de las diferentes especies de insectos que inciden en el grano hacia cada insecticida, otros factores importantes son la temperatura y la humedad relativa que imperan en los trópicos y que son muy favorables para los insectos, pero desgraciadamente degradan rápidamente las moléculas de los insecticidas, por lo que, el efecto de estos se reduce considerablemente. Este efecto se puede observar fácilmente en el caso del Malatión, que es fácilmente degradado por las temperaturas altas de estas regiones. Otro factor muy importante es el contenido de humedad del grano que se va a proteger, ya que, cuando este es mayor del 14%, la mayoría de los insecticidas son afectados por la hidrólisis.

Hoy en día, encontramos en el mercado productos como el Actellic 50 CE (concentrado emulsionable) el cual es un insecticida-acaricida organofosforado a base de Pirimifos-metil que controla insectos de los granos almacenados; el cual se recomienda en aplicaciones directas al grano y semilla, en aspersiones residuales en instalaciones, almacenes y en el control de insectos de plantas ornamentales. Cualquier grano o semilla tratado a las dosis recomendadas con Actellic 50 CE puede ser utilizado como alimento procesado un día después de la aplicación. Este producto está recomendado para el control de los gorgojos *A. obtectus*, *Z. subfasciatus*, *Callosobruchus maculatus* y *C. chinensis* (Syngenta, 2006).

El K-Obiol CE es otro de los productos cuyo ingrediente activo es la Deltametrina recomendado para ser aplicado en granos y semillas a granel atacados por palomillas y gorgojos, granos y semillas en sacos estibados y superficies de vagones, bodegas, silos, etc.; las dosis según el caso varían, así como los meses que brindan de protección. Las ventajas que presenta es su fácil aplicación y puede aplicarse directamente en granos destinados para la alimentación humana y animal (Bayer, 2006).

## **Fumigantes**

El control de distintos tipos de plagas, entre las que sobresalen los insectos, ha sido siempre una preocupación del hombre, y a lo largo de la historia se han probado una infinidad de materiales y productos químicos aplicados a través de diversas técnicas y procedimientos de carácter preventivo o curativo.

Para controlar algunos insectos se han utilizado vapores de distintas sustancias químicas, tal es el caso de la quema de azufre que se hacía en la antigüedad para eliminar las mosquitas en las fábricas de vino. Esta práctica de quemar azufre para generar vapores de bióxido de azufre que intoxicaba a los insectos, es una demostración de que la fumigación no es un descubrimiento reciente, sino que se practica desde hace siglos, cumpliendo perfectamente con la definición técnica actual que implica el confinamiento de una cantidad de gas tóxico en un espacio cerrado, para lograr la letalidad sobre los organismos que se desea controlar, después de un tiempo determinado de exposición.

La fumigación, ha sido empleada para la esterilización del suelo, para el control de nematodos, roedores, maleza, ácaros, hongos e insectos. Para el caso específico del manejo postcosecha de granos, la importancia de la fumigación ha adquirido niveles relevantes, ya que a través de esta práctica se ha podido controlar a las plagas de insectos que los afectan, independientemente de que estos productos agrícolas se presenten envasados en costales, al granel en grandes silos y bodegas, o de que se les transporte en camiones, furgones de ferrocarril o barcos y barcasas.

Los agentes químicos que se emplean en la fumigación son esencialmente insecticidas, pero su actividad tóxica es de amplio espectro, lo que les permite afectar a una gran variedad de organismos entre los que



se incluye al hombre mismo, y por lo tanto su utilización y aplicación deberá ser una actividad propia de personal debidamente adiestrado y capacitado para tal fin (Ortiz, 1993).

Los fumigantes más utilizados en postcosecha de granos almacenados debido a las ventajas que ofrecen y a las características que reúnen son: Bromuro de metilo y Fosfina. El primero gasifica a temperaturas superiores a los 3.6 °C, generalmente se maneja en forma líquida en envases a presión, es muy tóxico para el hombre y a bajas concentraciones en la atmósfera es casi inodoro, por lo cual se mezcla con cloropicrina que es un lacrimógeno que actúa como agente delator en el caso de fugas. Los síntomas de envenenamiento con Bromuro de metilo pueden presentarse aún después de 48 hrs a partir de la exposición, por lo cual los operarios encargados de su manejo deberán estar instruidos sobre las medidas de seguridad y deberán sujetarse a examen médico periódicamente.

La Fosfina es un gas extremadamente venenoso e inflamable que tiene utilidad práctica como fumigante gracias a la preparación sólida del fosforo de aluminio en forma de tabletas que liberan al fumigante en forma gradual y paulatina. Las tabletas sólidas de fumigante están compuestas principalmente por fosforo de aluminio y carbonato de amonio. La descomposición de la tableta a una temperatura de 25°C, normalmente tarda aproximadamente 36 hrs.

El periodo de fumigación con fosforo de aluminio normalmente varía de 3 a 5 días al cabo de los cuales se retiran las lonas o se abren los almacenes para su ventilación, es conveniente que en esta etapa los operarios cuenten con mascarillas antigas que les protejan contra cualquier riesgo de intoxicación (Ortiz, 1993; Pedigo, 1991).

## **Los plaguicidas autorizados para fumigación de granos encostalados son:**

El Bromuro de metilo gas comprimido (G. C.), formulado al 98% en dosis de 24 - 80 gm<sup>-3</sup> con tiempo de exposición de 48 a 96 hrs, y un tiempo de reingreso a las instalaciones posterior a las 48 hrs de ventilación como mínimo. Es útil para el control de insectos, hongos y roedores. Es necesario sellar herméticamente la bodega o cubrir con lona de polietileno sellando e inyectando la cantidad necesaria de fumigante de acuerdo a las dosis señaladas.

El Fosfuro de magnesio con presentación en pastillas, se formula al 66%, se aplica a dosis de 1.2 tab m<sup>-3</sup> con tiempo de exposición de 36 a 48 h, y un tiempo de reingreso después de 3 h. Para aplicarlo se colocan las tabletas circulares separadas unas de otras sobre cartones a modo de bandeja alrededor o debajo de las pilas dejando espacio amplio entre los comprimidos y las lonas, con el fin de facilitar la generación del gas asegurando una perfecta hermeticidad entre los bordes de la lona y el suelo.

### **Para la fumigación de grano al granel:**

Bromuro de metilo G. C., formulación al 98% en dosis de 24 - 80 g m<sup>-3</sup> con tiempo de exposición de 48 a 96 h y un tiempo de reingreso a las instalaciones posterior a las 48 h de ventilación como mínimo. Es útil para el control de insectos, hongos y roedores. Es necesario sellar herméticamente la bodega o cubrir con lona de polietileno sellando e inyectando la cantidad necesaria de fumigante de acuerdo a las dosis indicadas.

Fosfuro de magnesio patillas (Past.), con una formulación al 66%, en dosis de 2 a 3 tab m<sup>-3</sup>, tiempo de exposición de 26 a 48 h, con un tiempo de reingreso después de 6 horas. Es útil para la fumigación de locales y molinos. Para su aplicación, es necesario hermetizar y colocar

las tabletas esféricas separadas unas de otras sobre cartones a modo de bandejas y distribuirlas de acuerdo con el volumen y las condiciones del local.

Las pastillas de Fosfuro de magnesio, en dosis de 2 a 5 tab ton<sup>-1</sup>, se aplican con el dosificador automático para el producto o con sondas. Se recomienda añadir las tabletas esféricas a la mercancía a intervalos regulares durante el proceso del llenado. En el caso de almacenes introducir la tableta esférica mediante sondas y cubrir inmediatamente con las lonas herméticas los productos tratados.

Fosfuro de aluminio comprimido perdigón (CP), con una formulación al 57%, en dosis de 10 a 25 CP ton<sup>-1</sup>. El tiempo de exposición es de no menos de 72 h con un tiempo de reingreso de 6 h. Para su aplicación, agregar los perdigones a mano a intervalos regulares durante el proceso de llenado, en el caso de que el grano este almacenado introducir los perdigones mediante una sonda y hermetizar el sitio, en el caso de silos es recomendable usar un distribuidor automático.

**Los insecticidas para el tratamiento de granos almacenados infestados con el gorgojo común del frijol *A. obtectus* y el gorgojo mexicano del frijol *Z. subfasciatus* son:**

Deltametrina + Clorpirifos metil (CE), formulación al 15%, en dosis de 40 cc ton<sup>-1</sup>. Se aplican 260 cc de agua ton<sup>-1</sup> de grano, con el dosificador neumático al momento de la descarga al silo o bodega, es necesario que los granos tengan humedad inferior al 15% esto se aplica para el gorgojo *A. obtectus*.

Para *Z. subfasciatus* se utiliza Deltametrina (CE), formulación al 03%, en dosis de 20 cc ton<sup>-1</sup>. Se aplica en dosis de 280 cc de agua ton<sup>-1</sup> de grano al momento de descargarlo al silo; en grano encostalado dirigir la aspersion a las partes expuestas de los sacos y esperar un día entre tratamiento y consumo de grano.

Deltametrina + Clorpirifos metil CE, formulación al 15%, en dosis de 20 cc/ton. Se aplica en dosis de 260 cc de agua/ton de grano con el dosificador neumático al momento de la descarga al silo o bodega, es necesario que los granos tengan humedad inferior al 15% (SAGARPA, 2003).

La COFEPRIS, 2006 (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios) en su “Catalogo de Plaguicidas” indica al Malation 40 (polvo) para el tratamiento de granos almacenados y semillas y Malation 40 y 50 (polvo) para el tratamiento de granos y semillas almacenados en medios de transporte y espacios vacíos en: arroz, avena, cebada, frijol, garbanzo, maíz, sorgo, soya y trigo. También aprueba el uso de Malation 20 en el tratamiento de semilla para siembra en los cultivos de: arroz, frijol, maíz, sorgo y trigo.

La misma Comisión aprueba el Fenitrotion en el tratamiento por desinsectación y protección de granos almacenados a granel en costales de arroz, maíz, sorgo y trigo. Su presentación es en concentrado emulsionable y polvo. Y por último aprueba el Pirimifos metil concentrado emulsionable y polvo para el tratamiento de granos y semillas almacenados en medios de transporte y espacios vacíos en: arroz, cacahuate, cebada, maíz, ornamentales y trigo.

## **5. CONTROL FÍSICO**

El control físico es el método de combate de insectos plaga que establece medidas para modificar el ambiente abiótico que influye sobre el organismo, de tal manera de que este sea inaceptable o desagradable para la vida de los insectos en almacén.

Las investigaciones relativas al control físico, se iniciaron en México aproximadamente desde mediados de la década de los años sesenta, sin embargo, ya desde las culturas mesoamericanas, se conocía empíricamente y con cierto grado de conocimiento, la importancia del

ambiente para conservar los granos, como el caso de los “Petlacalli” (“casa de los petates”) y los “Zincalli” (“casa del maíz”) en donde los indígenas mantenían cierto grado de aireación, secado y bajas temperaturas, al ubicar estos sitios de acopio de granos en sitios climáticamente apropiados como los Petlacalli de perote o los Zincalli en el vasto imperio Tenochca (Com. Pers. Lagunes, 1991 citado por Ramírez, *et al.*, 1993). Sin embargo, la mayoría de estas experiencias ancestrales de conservación de granos, se han perdido y pocas veces han rebasado la fase de experimentación, sobre todo en el caso de las radiaciones con equipos modernos, a pesar que desde los zapotecas se utilizaban vasijas de barro negro conteniendo uranio radioactivo para conservar sus granos, especialmente en sus ofrendas mortuorias (Morón, 1988 citado por Ramírez, *et al.*, 1993).

Los principales tipos de control físico se refieren a:

- Variaciones de temperaturas y humedad relativa.
- Secado de grano.
- Aireación.
- Manejo de atmósferas modificadas.
- Aplicación de radiaciones:
  - ❖ Uso de rayos gamma emitidos por elementos radioactivos como Cobalto - 60 y Cesio - 137.
  - ❖ Uso de luz visible de diferentes colores y ultravioleta.
  - ❖ Uso de luz infrarroja.
  - ❖ Uso de microondas.
  - ❖ Uso de electrones de alta energía (Van de Graff).
  - ❖ Uso de rayos X.
  - ❖ Uso de rayos Laser.
  - ❖ Alteraciones de campos magnéticos.
  - ❖ Acción de rayos cósmicos.

Aunque a primera vista, para alguien no familiarizado, estas técnicas parecieran de ciencia – ficción, se ha demostrado su aplicación y éxito en los programas de MOSCAMED (Cisneros *et al.*, 1986 citado por Ramírez *et al.*, 1993) cuyo objetivo fue detener el avance de la “Mosca del mediterráneo” *Ceratitis capitata* hacia el interior de México y Guatemala y posteriormente del resto de Centroamérica, mediante la esterilización de machos por medio de rayos gamma y la posterior liberación de estos para competir con la población de la plaga.

Un ejemplo de manejo de atmósferas modificadas es el almacenamiento hermético, este método es una práctica ancestral llevada a cabo por el hombre desde hace 9,000 a 7,000 años antes de Cristo como se demuestra en la semillas de trigo guardadas en vasijas de cerámica por diferentes culturas desde Egipto hasta la Europa hórdica. Incluso en las culturas Mixteca – Zapoteca se utilizaban fosas subterráneas como sistemas herméticos de almacenamiento (Vayssiere, 1948 citado por Ramírez *et al.*, 1993).

En los sistemas herméticos de almacenamiento, si el contenido de humedad de maíz no excede a un 12% y el del trigo no excede el 13%, las pérdidas no son mayores de 1% después de tres años de guardado el maíz y 18 a 24 meses en el caso del trigo (Baker, 1974 citado por Ramírez *et al.*, 1993). La desventaja del hermetismo es que es un sistema no muy fácil de lograr ya que hay que evitar de alguna forma la entrada del aire atmosférico al sistema y el proceso de aniquilación de las plagas es más lento que con las atmósferas provocadas o mediante una fumigación.

La ventaja es que este sistema es barato, ayuda a facilitar algún sistema de fumigación y sobre todo, no deja residuos tóxicos en los granos (Jay, 1983; Ripp, 1984 citados por Ramírez *et al.*, 1993). En el frijol no hay cambios de contenido de humedad durante seis meses de almacenamiento a 15, 20 y 25°C y de 9.2 – 15.5% de humedad, además

de no alterar el tiempo de cocción hasta después de los siete meses (Mora, 1982 citado por Ramírez *et al.*, 1993).

En las comunidades rurales generalmente no se dispone de métodos eficientes para almacenar las cosechas, por lo que gorgojos, palomillas, hongos y roedores, consumen, contaminan y dañan gran parte del producto cosechado. Una alternativa de solución al problema de pérdida de granos y semillas es la utilización de un “silo hermético” en el que se puede guardar maíz, frijol, sorgo, garbanzo, lenteja, trigo y otros. El silo hermético puede ser de 100 ó 200 kg de capacidad, ideal para almacenar semilla para la siembra, o de 500 ó 1000 kg de capacidad para almacenar el grano destinado para consumo humano, para los animales domésticos, o para la venta en épocas en que el grano tiene un mejor precio en el mercado (Aguirre, 2004).

## **6. USO DE POLVOS MINERALES Y VEGETALES PARA EL CONTROL DE INSECTOS EN ALMACEN**

Los insecticidas organosintéticos se han usado por muchos años para el control de plagas insectiles, tanto en el campo como en productos almacenados; sin embargo, la aplicación continua de estos productos han originado una serie de problemas considerables, entre los que se encuentran el desarrollo de resistencia a insecticidas en los insectos, contaminación del medio ambiente y accidentes a causa del manejo inadecuado de los compuestos tóxicos.

Durante los últimos años, el incremento de la resistencia a insecticidas sintéticos y fumigantes en insectos de granos almacenados, ha evidenciado la necesidad de desarrollar e investigar otros productos no convencionales en la protección de granos de almacén. Dentro de estas alternativas se ha trabajado en aspectos relacionados con reguladores de crecimiento, uso de plantas pulverizadas, aceites vegetales y más recientemente con polvos minerales. Por otro lado para los pequeños

agricultores, que manejan cantidades reducidas de granos, es necesario evaluar métodos de control de bajo costo, que puedan adoptar fácilmente. Dentro de estas alternativas está considerado el uso de polvos y cenizas vegetales y polvos minerales que mezclados con el grano pudieran disminuir el daño producido por insectos de granos almacenados (Pérez, 1993).

Pérez (1993), indica que se han identificado 16 plantas con actividad insecticida contra *A. obtectus*: 9 contra *P. truncatus*, 11 contra *S. zeamais* y 9 contra *Z. subfasciatus*. De estas 16 plantas promisorias, la mayor mortalidad (57.4%) se presentó con la planta "Cola de caballo" *Equisetum arvense*, planta medicinal. Siguiéndole en efectividad Limpia alba, *Sargasum vulgare*, *Tripograndia purpurascens* con 51.9, 34.6 y 28.9% y 34.1% en relación al testigo. En cuanto al gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* se tienen 9 plantas prometedoras, de las cuales seis lo son en mortalidad y cuatro respecto a emergencia de insectos. Las plantas sobresalientes en mortalidad fueron: *Castilleja arvensis*, *Trichilia havanensis* y *Eryngium comosum* con 33.0, 30.3 y 30.0 de mortalidad respectivamente. En cuanto a la descendencia, los polvos que redujeron en mayor porcentaje la emergencia fueron: *Ricinum comunis*, *Tragotes foetidissima*, *Alchemilla procumbens* e *Hyppocratea excelsa* con 13.3, 27.8, 37.4 y 41.8% respectivamente.

Borboa *et al.*, (2004), utilizaron polvos y extractos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) para el control del gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* y concluyeron que los polvos en ningún caso presentaron efecto abrasivo, repelente o inhibidor de la oviposición como es común en la mayoría de los polvos vegetales. En polvos y extractos ninguna de las dosis fue significativa para los parámetros evaluados, ya que la mayoría de los tratamientos presentó un comportamiento similar entre ellos y el testigo. En lo que respecta al efecto inhibidor del crecimiento, no se observó anomalía en cuanto a malformaciones en los insectos adultos



emergidos, en ninguno de los tratamientos. Tampoco se observó prevalencia de machos ni de hembras.

Borboa *et al.* 2005, evaluó el posible efecto insecticida de 10 polvos minerales sobre *Z. subfasciatus* mediante pruebas de libre elección y no elección en frijol almacenado, encontrando que la cal, caolín, cantera y mármol causaron mayor mortalidad, menor oviposición, daño y emergencia en este insecto plaga, así como menor pérdida de peso en la semilla de frijol utilizada.

## 7. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Gómez, J. A. 2004. Silos herméticos para almacenar granos y semillas. INIFAP-CEBAJ. Desplegable para productores No. 1.
- Bayer, 2006. K-Obiol CE. (En línea). Disponible. <http://www.saludambiental.bayercropscience.com.mx>
- Borboa-Flores, J., Barrales H. S. M., Wong, C. F. J., Cotez, R. O. y Rubio S. L. M. 2004. Polvos y extractos de Neem (*Azadiracta indica* A. Juss) para el control del gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus* Boheman) (Coleóptera:Bruchidae). En: Entomología mexicana. Vol. 3. Morales Moreno, A., Ibarra-González, M., Rivera-González, A. del P. y Stanford Camargo, S. (Eds.).
- Borboa-Flores, J., Dávila, S. E., Wong, C. F. J. y Fu, C. A. 2005. Utilización de polvos minerales en frijol para el control de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleóptera:Bruchidae). En: Entomología Mexicana. Vol. 4. Morales Moreno, A., Mendoza Estrada, A., Ibarra González, M. P. y Stanford Camargo, S. (Eds.).
- Ceballos, R. E. 1976. Control químico de plagas de granos almacenados con dos insecticidas en Iguala, Gro. Informe Técnico. Depto. Entomol. INIA. SAG. 2 (3): 61 - 63.
- COFEPRIS, 2006. Catálogo de Plaguicidas. (En línea). Disponible. <http://www.cofepris.gob.mx/cis/tramites/infynv/InfRegPlagNutVeg.htm>
- Gutiérrez-Díaz, L. J. y Pérez M. J. 1993. Distribución, Biología y daños de los insectos de almacén. En: Insectos de granos almacenados. Biología, daños, detección combate. Pérez-Mendoza J. (Ed.).

- Gutiérrez-Díaz, L. J. 1999. Insectos asociados a granos y productos almacenados. En: Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. Deloya-López, A. C. y Valenzuela-González J. E. (Eds.). Soc. Méx. Entomol., Publicación Especial Núm. 1. 174 pp.
- Howe, R. W., Currie. J. E. 1964. Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. Bulletin of Entomological Research, 55(3):437-477.
- Johnson, C. D. 1983. Ecosystematics of *Acanthoscelides* (Coleóptera:Bruchidae) of Southern Mexico and Central America. Misc. Publ. Entomol. Soc. AMER. 56: 1-370.
- INEGI. 2004. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Edic. 2005. Archivo 3.
- Mac Gregor, 1976. Insectos y ácaros nocivos a los cultivos de la República Mexicana, nombres comunes y científicos de las principales especies. Folia Entomol. Mexicana 36:89.
- Marín-Jarillo, A. 1996. Nuevas adquisiciones de insectos identificados para la Colección Nacional de Insectos del INIFAP. INIFAP - CEBAJ. Publicación Especial Núm 1. 52 pp.
- Meirleire de H, 1967. La bruche du haricot. Phytoma, 19(184):11-133.
- Ortiz-Cornejo, A. 1993. Los fumigantes en el control de insectos de almacén. En: Insectos de granos almacenados. Biología, daños, detección combate. Pérez Mendoza J. (Ed.).
- Pacheco-Mendivil, F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH., INIFAP-CAE Valle del Yaqui. Libro Técnico Núm 1. 1<sup>er</sup> Ed. 414 pp.
- Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entom. 3: 193-218.
- Pedigo, P. L. 1991. Entomology and pest management. Macmillan Publishing Company. N. Y.
- Pérez-Mendoza, J. 1993. Insectos de granos almacenados. Biología, daños, detección combate. SARH-INIFAP. Libro Técnico Núm. 1. Celaya, Gto., México.
- Ramírez-Martínez, M. Zurbia-Flores R., R. y Díaz-Aylón, A. L. 1993. Ecología del almacenamiento y el combate de insectos: control físico y biológico en insectos de granos y semillas almacenadas. En: Insectos de granos

- almacenados. Biología, daños, detección combate. Pérez Mendoza J. (Ed.).
- Romero-Nápoles, J. 1992. Revisión of the genus *Amblycerus* of the United States and Mexico (Coleoptera:Bruchidae: Amblycerinae). Ph.D. Thesis, Northern Arizona University. 274 p.
- SAGAR. 1999. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola.
- Saunders, J. L., Coto, D. T. y King, A. B. S. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en America Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica Manual Técnico No. 29.
- Singh T, Kaur I, Saini M. S, 1979. Biology of *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera:Bruchidae). Entomon., 4:201-203.
- Syngenta 2006. Actellic 50 CE. (En línea). Disponible <http://www.syngenta.com>
- Taxonomicon. 2004-2006. Universal Taxonomic Services. (En línea) Disponible en <http://sn2000.taxonomy.nl/Taxonomicon/TaxonTree.aspx?> (Revisado el 25 de mayo de 2006).

## Capítulo 12

### CAPACITACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN DURANGO

E. I. Cuéllar Robles<sup>1</sup>, F. J. Ibarra Pérez<sup>2</sup>, J.A. Acosta Gallegos<sup>3</sup>, E.S. Osuna, Ceja<sup>4</sup>, J.S. Padilla, Ramírez<sup>4</sup> y M.A. Martínez Gamiño<sup>5</sup>

#### RESUMEN

El éxito de la transferencia de tecnología en el cultivo de frijol de temporal en Durango, se sustenta en la capacitación de los productores demandantes de tecnología y técnicos ejecutores de la promoción, a través de un proceso participativo de servicio de transferencia y desarrollo empresarial. Durante el período 1997-2003 se realizó un proyecto que comprendió el establecimiento de módulos demostrativos con variedades mejoradas y prácticas de captación de agua *in situ* (pileteo) donde se realizaron cursos, talleres y días de campo durante el ciclo de cultivo. Las nuevas variedades que se promovieron poseen, además de alto potencial de rendimiento, características de calidad que permiten a los productores mayor competitividad en el mercado nacional. Se promovieron 16 variedades de frijol en 91 módulos demostrativos; se celebraron 91 días de campo y se impartieron 55 cursos cortos; en estas actividades asistieron 3068 productores y técnicos. La adopción de variedades mejoradas (especialmente la Pinto Saltillo) y la práctica de pileteo muestra un cambio cultural en el proceso productivo en más de 180 mil ha que comprende el alto y mediano potencial productivo del frijol de temporal en el estado.

#### 1. ANTECEDENTES

En el estado de Durango, el cultivo de frijol es una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica; la entidad ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada y aporta el 13.4 % de la producción nacional. Anualmente se siembran en promedio 300 mil hectáreas, de las cuales 10 mil son de riego y el resto de temporal. El rendimiento promedio en temporal es de 450 kg ha<sup>-1</sup> y en riego de 1000 kg ha<sup>-1</sup>.

---

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Valle de Guadiana-CIRNOC-INIFAP.

<sup>2</sup> Director de Intercambio y cooperación Científica del INIFAP.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP.

<sup>4</sup> Investigadores del Campo experimental Pabellón- CIRNOC-INIFAP.

<sup>5</sup> Investigador del Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP.

La producción de frijol en Durango y en general en todo el Altiplano Semiárido, que incluye los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, los cuales suman una superficie de 1.3 millones de hectáreas (SIAP-SAGARPA, 2006 en línea), se realiza bajo un sistema de producción de bajos insumos y comercialización deficiente, debido a los diversos problemas de carácter tecnológico, organización y escasas posibilidades de desarrollo que se le brinda al sistema para sustentar una producción y productividad estable.

Los rendimientos por unidad de superficie son bajos ( $500 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en comparación con la media nacional. Sin embargo, con los programas de Alianza para el Campo y de Kilo x Kilo implementados en el pasado inmediato para el fomento y utilización de semilla certificada y de alta calidad, aumentaron los rendimientos por hectárea en 20.6% mediante el desarrollo de sistemas de producción más estables para las áreas de alto, mediano y bajo potencial productivo del frijol de temporal (González *et al.*, 2005).

El programa de “Alianza para el Campo” considera estrategias que vinculan las acciones a efecto de aplicar operadores adecuados en sitios donde se generan resultados, bajo un esquema de trabajo integrado por Precidencias Municipales, Distritos de Desarrollo Rural, Fundación Produce Durango AC, INIFAP y particularmente productores organizados (SAGAR, 2000). Dadas estas características, es necesario desarrollar esquemas de capacitación y transferencia de tecnología para fortalecer dichos programas gubernamentales de distribución de semilla en aquellas zonas frijoleras del estado en que las condiciones físicas y socioeconómicas de los productores se presten a los cambios tecnológicos.

La transferencia de tecnología abarca el conocimiento, la experiencia y las técnicas necesarias que son esenciales para la transición de las zonas agrícolas de temporal deficiente hacia el desarrollo

sustentable (TIERRAMERICA, 2000 en línea; Kakande, 2003; MacNeely, 2003).

De acuerdo con la idea anteriormente expuesta, el productor debe ser capacitado para comprender que primero debe aprovechar plenamente sus propios medios, y que el crédito y los insumos de capital escaso sólo serán complementos para mejorar su sistema de producción, en factores muy específicos donde su uso sea indispensable, con la seguridad de que los beneficios le permitirán hacer frente al compromiso adquirido y a las inversiones realizadas (FAO, 1988).

Debido a una serie de factores adversos en materia de recursos y a diversos factores socioeconómicos, la productividad del cultivo de frijol de temporal en Durango, esta altamente limitada. Entre los factores abióticos como son la precipitación escasa e irregular y la presencia de heladas tempranas afectan al cultivo en su etapa de madurez. Así mismo, los bióticos, como las plagas del suelo y follaje, enfermedades y malezas también afectan el rendimiento del cultivo. Dentro del aspecto socioeconómico las condiciones limitantes de producción inciden en la baja utilización de insumos tecnológicos como maquinaria agrícola, uso de agroquímicos y de semilla certificada (SEMARNAP, 1997; Castillo *et al.*, 2000; Fernández., 2001; Acosta *et al.*, 2002).

Otro factor adverso que causa fuerte abatimiento de los rendimientos del frijol de temporal es: la sequía, fenómeno climático recurrente que esta asociado al fenómeno ENSO (El niño Oscilación sur) la cual se presenta en la región en períodos prolongados más frecuentemente en la 2ª decena de julio a la 2ª decena de agosto y son estos, los que provocan un alto riesgo de pérdida, ya que coincide en muchos casos con la fase productiva (floración y amarre de vainas) del frijol, la cual ha sido reportada como una de las etapas más sensibles a la sequía por el frijol (Cortés, 1987; Figueroa, 1991; Abarca *et al.*, 1992; Tiscareño, 1997; Padilla *et al.*, 2006). Además, la falta de recursos

económicos y acceso escaso a medios de producción, escasez de mano de obra, alta resistencia al cambio y la falta de organización para la producción son otros de los factores limitantes importantes. Lo anterior ha planteado preguntas urgentes sobre los límites y posibilidades del crecimiento productivo del cultivo. Se acepta, en forma generalizada, que existe una serie de problemas tecnológicos que impiden dicho crecimiento que son:

- ❖ Suelos mal manejados, que no permiten aprovechar en forma eficiente las lluvias torrenciales causando erosión del suelo (rebase las 30 ton ha<sup>-1</sup>), pérdida de nutrientes y materia orgánica.
- ❖ Baja densidad de población, surquería ancha, que favorece la invasión severa de malezas las cuales al asociarse con el uso de variedades criollas susceptibles a plagas y enfermedades crean fuertes daños al cultivo.
- ❖ Falta de disponibilidad oportuna de semilla mejorada de variedades de ciclo tardío, intermedias o precoces, por lo que el 80% de los productores siembran semilla de mala calidad que tiene a la mano y fuera de fecha.
- ❖ Enfermedades de la raíz provocadas por el monocultivo, que causan disminución de hasta un 20% en la población inicial del frijol, principalmente causadas por: *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani*.
- ❖ Complejo de malezas en las diversas etapas de desarrollo del cultivo que dificultan la cosecha causando un manejo deficiente durante el corte y la trilla.
- ❖ Disminución del rendimiento por enfermedades foliares causadas principalmente por: antracnosis, bacteriosis y roya o chahuixtle provocadas por el uso de variedades criollas altamente susceptibles.

- ❖ Reducción de un 12 a 25% del rendimiento por daño de plagas del suelo y follaje: gallina ciega, conchuela, picudo del ejote, minador de la hoja, barrenador del tallo, mosquita blanca, entre otras.

Una de las conclusiones que se derivan del análisis anterior es que, al contrario de lo que generalmente se piensa, el mejoramiento de la agricultura de temporal tiene un gran potencial de realización, siempre que se aproveche íntegra y racionalmente la tecnología existente en los Campos Experimentales y los recursos disponibles. En efecto, al estudiar el índice ponderado de la tecnología empleada en el cultivo de frijol se determinó que al menos dos tercios de los factores que intervienen en el proceso de producción no requieren gastos adicionales para su mejoramiento.

Con relación al tercio restante, que implica insumos difíciles de adquirir, se constató en sucesivos diagnósticos que gran parte de ellos se pierden por mal uso en su aplicación, en virtud de la falta de conocimiento y capacitación de los productores. Por ejemplo: el uso del arado de volteo para preparar el suelo en exceso, semilla mejorada poco usada, los fertilizantes químicos no aplicados o los herbicidas y plaguicidas no utilizados, en circunstancias de que ellos, por su alto costo, deberían ser utilizados racional y oportunamente ó, en muchos casos, sustituidos o autogenerados por los propios productores (Carrillo, 1982; Osuna, 1985; Muñoz, 1990).

De lo anterior se desprende que puede aprovecharse de manera eficiente el agua de lluvia y conservar el suelo mediante prácticas de conservación y captación *in situ* (uso del multiarado: apero de labranza que realiza una preparación de suelo de corte horizontal y vertical sin inversión; pileteadora: aditamento que se integra a la cultivadora para levantar bordos de tierra de 20 cm de alto en el fondo del surco a distancias regulares de 2 m, con el propósito de retener el agua de lluvia y disminuir



la erosión del suelo). Además, puede mejorarse considerablemente la calidad de la semilla a partir de la multiplicación en los propios predios de los productores ya capacitados en pequeñas cantidades certificadas; puede ahorrarse plaguicidas si se utilizan dentro de las modalidades del control integrado de plagas; o sustituir aplicaciones de fertilizantes químicos por un manejo biológico racional del suelo y los cultivos, a través de inoculaciones, rotaciones, diversificaciones entre otros (FAO, 1988; FAO, 1989; Figueroa, 1991; Fernández *et al.*, 2001; Osuna *et al.*, 2000; Martínez y Jasso, 2004).

Se han realizado algunos progresos en lo que se refiere a la reorientación de la producción del frijol de temporal con miras a satisfacer las necesidades de los productores sin el menoscabo de la degradación de los recursos, así como a conseguir que la asesoría técnica se relacione más con sus necesidades (Giral y González, 1980; De Souza *et al.*, 2001). También se ha progresado en lo que se refiere a aplicar enfoques más participativos en los que intervengan, entre otros, grupos de productores organizados, técnicos y tomadores de decisiones federales y estatales. En general, se han realizado avances en materia de Capacitación y Transferencia de Tecnología de conformidad con la estrategia trazada por el INIFAP vía el Campo Experimental Valle del Guadiana (CEVAG) e Instituciones del sector agrícola.

Bajo este contexto y en apoyo al desarrollo tecnológico agrícola del Estado, el INIFAP a través del Campo Experimental Valle del Guadiana, durante el período 1997-2003 desarrolló un programa de Transferencia de Tecnología con la finalidad de sostener el aumento de la productividad y la rentabilidad de los productores de frijol de temporal, a través del uso de variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento y prácticas de captación de agua *in situ* (uso del pileteo).

## 2. METODOLOGÍA

La metodología para lograr una capacitación y transferencia exitosa del sistema producto frijol de temporal, consistió en los siguientes puntos: 1) etapa de concientización; 2) etapa de planeación; 3) diseño de la asistencia técnica; 4) concertación de los apoyos institucionales; 5) implementación y desarrollo de módulos demostrativos y 6) manejo del cultivo (variedades mejoradas de frijol).

Esta metodología se aplicó en las principales zonas frijoleras del estado de Durango, que por sus características socioeconómicas permitieron la adopción de las nuevas variedades de frijol. Especialmente en aquellas zonas de alto, mediano y bajo potencial productivo del frijol de temporal. Esta actividad se llevó a cabo en los municipios de Canatlán, Guadalupe Victoria, Coneto de Comonfort, San Juan del Río, General Simón Bolívar, Panuco de Coronado, Durango y Cuencamé Dgo., área en la que se concentra la mayor parte de la superficie cultivada con frijol de temporal en el estado. Por lo anterior, en esta área se desarrolló el programa de transferencia, el cual mediante un proceso participativo de servicio, capacitación y establecimiento de módulos demostrativos con variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento acompañada su siembra con prácticas de captación de agua *in situ* (uso del pileteo), que permiten el máximo aprovechamiento de la humedad de las lluvias y disminuyen la erosión del suelo, se espera que el proceso de adopción, en este caso variedades y prácticas de captación de agua, ocurra en forma rápida (Acosta, 2006).

Sin embargo, fue indispensable para el programa contar con núcleos donde pudieran existir las facilidades para reunir asesores, agricultores, compañías comerciales, tomadores de decisiones federales y estatales. En esos lugares se hicieron actividades de capacitación, transferencia en cualquiera de sus formas, para facilitar así las operaciones del programa.

El programa de transferencia de tecnología basó su estrategia sobre los principios de capacitar a los productores y técnicos para darles confianza en sí mismo, enseñándoles a identificar y utilizar los recursos productivos que están a su alcance. Por ejemplo: desarrollar sus propios métodos de conservación de la calidad de la semilla y al mismo tiempo que estén en posibilidades de participar con un producto de mayor calidad en el mercado.

### **3. EXPERIENCIAS SOBRE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

A nivel regional, se tiene experiencia en transferencia de tecnología, considerándola como un medio de divulgación de gran efectividad, para transferir las innovaciones tecnológicas a los productores y técnicos. Por ejemplo, la adopción de tecnología en el sistema producto frijol de temporal, ha demostrado su gran impacto en la respuesta positiva de los productores, gracias a que conocieron los beneficios de las nuevas tecnologías a través de la capacitación y demostración de campo; es tan importante demostrar los resultados como capacitar y adiestrar a los ejecutores de la transferencia de tecnología (técnicos y productores) (Osuna *et al.*, 2006).

En Durango, Cuellar *et al* (2006) reportaron que durante 1997, se establecieron 17 parcelas de validación externa con variedades mejoradas de frijol para temporal. En dichas parcelas demostrativas lograron tener una asistencia de 317 productores y técnicos, cabe resaltar la gran aceptación de los productores por las nuevas variedades de frijol de alto potencial de rendimiento generadas por el INIFAP, las cuales lograron superar en producción a las actualmente utilizadas (Canario Regional, Negro Querétaro y Negro San Luis) en la región.

Estos mismos autores reportan que en el ciclo primavera-verano de 1998, se establecieron 17 módulos demostrativos bajo condiciones de temporal, con nueve variedades mejoradas de frijol, cuyos resultados

muestran que el rendimiento promedio de éstas ( $628 \text{ kg ha}^{-1}$ ) fue un 49.8% mayor que las variedades criollas de los productores ( $419 \text{ kg ha}^{-1}$ ). No obstante, cabe mencionar que de acuerdo a la localidad, calidad del suelo y a la variabilidad de la lluvia, los rendimientos de las variedades mejoradas fluctuaron entre  $187 \text{ kg ha}^{-1}$  (Azufrado Namiquipa) hasta  $1,329 \text{ kg ha}^{-1}$  (Pinto Bayacora), mientras que los materiales criollos utilizados como testigos oscilaron de  $150$  a  $679 \text{ kg ha}^{-1}$ . Por otro lado, en cada uno de los módulos se celebró un día de campo para demostrar la respuesta de los materiales, logrando reunir a 398 personas, de las cuales el 92% fueron productores.

En esa misma región, durante 1998 - 2000 se impartieron 35 cursos de capacitación a productores, con una asistencia total aproximada de 3 mil personas. Durante el mismo período se lograron establecer 25 módulos demostrativos con variedades mejoradas de frijol, acompañada su siembra con prácticas de captación de agua *in situ*. En los eventos demostrativos realizados se logró contar con una asistencia de aproximadamente 2,500 personas relacionadas con la producción de frijol (Cuellar *et al.*, 2006).

Se ha ensayado también el uso de cereales alternativos en sucesión recurrente y sistemática con variedades mejoradas de frijol sembrados en un mismo terreno. Los cultivos se alternaron en cinco módulos demostrativos con la finalidad de establecer una rotación de cultivo frijol-cereales de temporal como una opción en la búsqueda de agrosistemas más estables. En estas áreas se realizaron días de campo, cursos de capacitación, difusión de variedades mejoradas de frijol y especies alternativas de cereales de grano pequeño. Así mismo, se fomentó el uso de semilla de alta calidad mediante el desarrollo de programas locales de producción de semilla bajo un esquema no convencional, es decir más artesanal y se promovió el uso de la pileteadora.

En los eventos demostrativos destacó el interés de los productores por el triticale, así como por el sistema de siembra de los cereales de grano pequeño en surcos.

Los productores de manera generalizada, mostraron gran interés y aceptación por las variedades mejoradas de frijol, especialmente la precocidad y estructura de la planta y la calidad física, uniformidad y color de grano del Pinto Bayacora y Pinto Mestizo. El uso de semilla de alta calidad demostró ser un factor determinante en la respuesta productiva del frijol, tanto en los módulos demostrativos como en los predios de productores que usaron semilla de calidad donde se obtuvieron rendimientos más altos, en comparación con el uso de semilla criolla de la misma variedad (Cuadros 1, 2 y 3). El programa de transferencia de nuevas tecnologías a través del proceso participativo de servicio, capacitación y establecimiento de módulos demostrativos en terrenos de productores ha mostrado gran efectividad en la región temporalera del estado.

En Durango, la difusión de variedades mejoradas de frijol de temporal ha sido promovida en el área frijolera del estado con resultados muy favorables. En el CEVAG, desde 1997 se está evaluando la adopción agregada de las variedades mejoradas liberadas por el INIFAP. Durante el período de 1997 a 2001, el área sembrada con variedades mejoradas fue de 42% (Pinto Villa 38% y Pinto mestizo 4%) (González *et al.*, 2005). El impulso a esas variedades fue dado por el programa de distribución de semilla kilo por kilo.

El análisis de rendimiento del 2000 para diferentes localidades indicó que las variedades mejoradas tuvieron un incremento promedio (de 35.9 % para la zona de Canatlán; 60.7% para Guadalupe Victoria y 68.2% para Cuencamé, Dgo) superior al de los frijoles tradicionales (Cuadro, 1, 2 y 3).

Cuadro 1. Rendimiento de grano por hectárea de variedades de frijol de temporal en la localidad de Venustiano Carranza, Mpio Canatlán, Dgo. Ciclo P-V 2000.

| Variedad             | Densidad (plantas/ha) | Días a floración | Días a madurez | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) | Incremento (%) |
|----------------------|-----------------------|------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| Pinto Villa          | 90,460                | 51               | 98             | 1,362.5                            | 74.3           |
| Pinto mestizo        | 73,464                | 46               | 93             | 1,190.2                            | 52.3           |
| Bayo Madero          | 74,013                | 46               | 100            | 1,099.3                            | 40.6           |
| Pinto Bayacora       | 93,750                | 40               | 90             | 1,039.8                            | 33.0           |
| P. Villa Intercalado | 64,144                | 51               | 98             | 888.5                              | 13.7           |
| Flor de Mayo Sol     | 123,355               | 45               | 90             | 794.3                              | 1.6            |
| Pinto Villa Criollo  | 95,394                | 51               | 98             | 781.7                              | --             |

Cuadro 2. Rendimiento de grano por hectárea de variedades de frijol de temporal en la localidad de Cuauhtémoc, Mpio Cuencamé, Dgo. Ciclo P-V 2000.

| Variedad                  | Densidad (plantas/ha) | Días a floración | Días a madurez | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) | Incremento (%) |
|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| Pinto Villa               | 64,300                | 51               | 96             | 1,756                              | 137.1          |
| Flor de Mayo Sol          | 96,193                | 45               | 88             | 1,463                              | 99.6           |
| Pinto Mestizo             | 56481                 | 46               | 93             | 1,106                              | 54.0           |
| Negro Vizcaya             | 78,189                | 49               | 98             | 1,011                              | 41.8           |
| Bayo Madero               | 52,983                | 46               | 98             | 984                                | 38.4           |
| Negro Otomí               | 74,588                | 49               | 97             | 983                                | 38.2           |
| Negro San Luis<br>Criollo | 50,308                | 57               | 105            | 684                                | --             |

Cuadro 3. Rendimiento de grano por hectárea de variedades de frijol de temporal en la localidad de Guadalupe Victoria, Dgo. Ciclo P-V 2000.

| Variedad          | Densidad<br>(plantas/ha) | Días a<br>floración | Días a<br>madurez | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Incremento<br>(%) |
|-------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Pinto Mestizo     | 87,962                   | 46                  | 93                | 1,360                                 | 139.0             |
| Bayo Victoria     | 97,222                   | 52                  | 98                | 1,211                                 | 112.8             |
| Negro Sahuatoba   | 163,580                  | 52                  | 97                | 1,043                                 | 83.3              |
| Flor de Mayo M 38 | 99,279                   | 52                  | 97                | 1,027                                 | 80.5              |
| Pinto Villa       | 100,308                  | 51                  | 96                | 970                                   | 70.5              |
| Flor de Mayo 2000 | 146,090                  | 47                  | 96                | 943                                   | 65.7              |
| Negro Vizcaya     | 145,061                  | 49                  | 98                | 905                                   | 59.0              |
| F. de Mayo 94044  | 84,362                   | 50                  | 96                | 884                                   | 55.4              |
| Pinto Bayacora    | 70,473                   | 40                  | 90                | 841                                   | 47.8              |
| Negro Altiplano   | 112,654                  | 47                  | 93                | 840                                   | 47.6              |
| Negro Otomí       | 110,082                  | 49                  | 97                | 825                                   | 45.0              |
| Negro Durango     | 67,901                   | 47                  | 98                | 822                                   | 44.5              |
| Flor de Mayo Sol  | 113,683                  | 45                  | 88                | 808                                   | 42.0              |
| Bayo Madero       | 114,197                  | 46                  | 98                | 732                                   | 28.6              |
| Azufrado          | 116,769                  | 47                  | 90                | 717                                   | 26.0              |
| Namiquipa         |                          |                     |                   |                                       |                   |
| Negro 8025        | 108,024                  | 52                  | 93                | 701                                   | 23.2              |
| Bayo Zacatecas    | 123,456                  | 50                  | 98                | 569                                   | --                |

Durante los años 2001 y 2002 se establecieron nueve módulos demostrativos, además se impartieron cursos de capacitación y se celebraron días de campo. En este período se impulsaron las variedades de frijol: Flor de Mayo Sol, Flor de Mayo 2000 y Negro Vizcaya, además se promovieron algunas especies de leguminosas para el bajo potencial con fines de consumo humano y producción de forraje, acompañada su siembra con prácticas de conservación y captación de agua *in situ* (uso del subsuelo modificado para la cosecha de agua y la pileteadora para tracción animal).

El éxito de la transferencia de tecnología en la producción de frijol de temporal, usando variedades mejoradas, prácticas de conservación y captación de agua *in situ* y sistemas de rotación de cultivos, han sido validadas en predios de productores cooperantes en forma independiente en toda la zona de temporal del Estado. El uso de esta tecnología está ampliamente distribuido en las zonas de alto, mediano y bajo potencial productivo del frijol. En los municipios de Canatlán, Guadalupe Victoria y Cuencamé, Durango. Cuellar y colaboradores (2006) detectaron en el 2002 que un alto porcentaje de productores utilizan alguna variedad mejorada acompañada su siembra con alguna práctica de conservación y captación de agua *in situ*.

Al constatarse la eficacia del programa de transferencia de tecnología dirigida a los productores de frijol en la zona de temporal, los resultados logrados incentivaron a nivel de instituciones operativas del sector agrícola la promoción del modelo participativo de servicio y desarrollo empresarial en que los propios productores tomaran conciencia de los problemas que los afectan y encontraran por sí mismos las soluciones consecuentes de sus intereses. Por esta razón, fue imprescindible fortalecer el programa para que ampliara su cobertura por más tiempo y pudiera apoyar a las reales necesidades y posibilidades de la mayoría de los productores de frijol.

Con base en lo anterior y continuando con el programa de transferencia, durante el año 2003 se realizaron 20 cursos de capacitación para estudiantes, técnicos y productores de frijol en otras entidades municipales del Estado, tales como San Francisco Javier de Lajas, Mpio. de Coneto de Comonfort, San Juan del Río y General Simón Bolívar, cuyo objetivo fue mostrar y promover los nuevos componentes tecnológicos desarrollados por el INIFAP, los cuales pueden ser implementados para mejorar el sistema de producción de frijol de temporal como son: uso del pileteo para la captación de agua *in situ*, biofertilizantes, semillas mejoradas y nuevas variedades, entre otros.



Por otro lado se establecieron 18 parcelas demostrativas donde se validaron 16 variedades de frijol para temporal, en las que se incluyeron cuatro nuevas variedades Flor de Mayo 2000, Negro Vizcaya, Pinto Saltillo y Pinto Zapata. En estas áreas demostrativas se logró reunir a 251 asistentes entre estudiantes, técnicos, tomadores de decisiones estatales y federales, comercializadores, productores de semilla y líderes de adopción (campesinos). Cabe destacar la respuesta positiva que manifestaron los productores participantes por las nuevas variedades desarrolladas por el INIFAP, sobre todo por el Pinto Saltillo y Pinto Zapata. La estrategia basada en el proceso de adopción de tecnología dentro del individuo y del grupo, combinando las diferentes metodologías de tipo individual, grupal y masiva para enrolar a toda la población del sector agrícola en la dinámica de cambio. Los métodos individuales y grupales en la influencia de los líderes de adopción, deberían ser aplicados sobre un 15 a un 20% de los productores más proclives a cambiar, número suficiente para asegurar el seguimiento de las mayorías.

Otro impacto relevante del programa de transferencia que cabe destacar es la adopción del uso de la pileteadora para la captación de agua *in situ*, logrando aplicarse en más de 100 mil hectáreas ésta práctica de pileteo, asegurándose así una producción mínima en los años malos y excedente en producción para autoconsumo o comercialización en los años de buen temporal.

Hoy, evaluadas todas estas experiencias, se ve claramente que sin una adecuada capacitación a los productores demandantes de tecnología y técnicos ejecutores de la promoción que las acompañe será muy difícil promover cambios, y que la difusión es uno de los instrumentos indiscutiblemente más eficaces para lograrlo. Por esta razón, es fundamental fortalecerla. De lo contrario, las innovaciones llegarán a pocos productores y no serán adoptadas o serán adoptadas en forma incompleta y equivocada, no produciendo los resultados esperados.

#### 4. LITERATURA CITADA

- Abarca H. S., R. Araya, V., C. A. Chaves, F., y J.C. Rivera, G. 1992. Efecto del déficit hídrico en varias etapas de desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Huetar). In: Quick Bibliographies No. 16. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 1.
- Acosta, G. J. A., S. H. Guzmán, M., M. G. Esquivel y R. Rosales, S. 2002. El mejoramiento del frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) en México: Avances y Perspectivas. Soc. Mex. de Fitogenetica, A.C. XX Congreso Nacional, Saltillo, Coah. 25 p.
- Acosta, G. J. A. 2006. Las variedades mejoradas de frijol de temporal para el Altiplano de SLP 8-13p. In Memoria de Curso: Adecuación y Transferencia de Componentes y Fórmulas Integrales para la Producción de Frijol de Temporal en la Región de San Luis Potosí. SAGARPA-CONACYT-COFUPRO-INIFAP. CIRNO-CESL. Abril, 2006.
- Carrillo, L. J. 1982. Prácticas de conservación de suelo y agua en el cultivo de frijol de temporal, en Durango. Resúmenes de Investigación. CIANOC. Núm. 8. Calera de V.R., Zacatecas, Méx. p 7.
- Castillo, R. A., J. López, H., A. Pajarito, R., E. S. Osuna, C y E. M. Coria, Q. 2000. Labranza de Conservación como estrategia para disminuir la degradación de los suelos agrícolas de Durango. Proyecto de Transferencia de Tecnología propuesto al Centro Nacional para la Producción Sostenible. CENAPROS-INIFAP-CIRNOC-SAGARPA. 17p.
- Cortés, T. H. G. 1987. Análisis de la distribución estadística de la intensidad de lluvia en el área de estudio del CREZAS-CP. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Méx. 128p.
- Cuellar, R. I. E., F. J. Ibarra, P. y J. A. Acosta, G. 2006. Capacitación y Transferencia de Tecnología del Frijol en Durango 60-69p. In Memoria de Curso: Adecuación y Transferencia de Componentes y Fórmulas Integrales para la Producción de Frijol de Temporal en la Región de San Luis Potosí. SAGARPA-CONACYT-COFUPRO-INIFAP. CIRNO-CESL. Abril, 2006.
- De Souza, J., L. Salazar, J. Cheaz y S. Torres. 2001. La dimensión de la participación en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie: Innovación para la sostenibilidad institucional. Proyecto Nuevo Paradigma. ISNAR, CGIAR. 45p.

- FAO. 1988. Extensión Rural: Partiendo de lo posible para llegar a lo deseable. 2ª ed. Programa de Cooperación Técnica-TCP/RLA/6658. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. 50p.
- FAO. 1989. El impacto de las estrategias de desarrollo sobre los pobres rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 175p.
- Fernández, H. P., R. Gutiérrez, G., V. Solano, R. y M. R. Avila, M. 2001. Validación de la práctica de pileteo en el cultivo de frijol de temporal en Chihuahua. En: 2º Congreso Nacional del Frijol. Durango, Dgo. P. 36- 46.
- Figuroa, S. B. 1991. El concepto de sequía. Memoria del taller de conservación de suelo y agua. Publicación Especial Núm. 16. SARH-INIFAP-CIFAP-AGS. 43p.
- Giral, J. y S. González. 1980. Tecnología apropiada. Ed. Alhambra Mexicana. México, D.F. 125p.
- González, R. H., R. H. Bernsten., J. F. Oehmke y J. A. Acosta, G. 2005. Adopción de variedades mejoradas de frijol en Chihuahua, Durango y Zacatecas, Mexico. Agricultura Técnica en Méx. 30:73-88
- Kakande, M. 2003. Technology collaboration: the challenges of including the poor. Presentación en la conferencia de Naciones Unidas en Noruega acerca de Transferencia de Tecnología y Creación de Capacidad, Trondheim, 23-27 junio de 2003.
- Martínez, G. M. A, y C. Jasso, Ch. 2004. Agricultura de Conservación para la producción de sorgo y maíz de temporal en la zona media de San Luis Potosí. Folleto Técnico Núm. 23. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CESL. 19p.
- McNeely, J. 2003. Cultural Challenges to technology transfer. Presentación en la conferencia de Naciones Unidas en Noruega acerca de Transferencia de Tecnología y Creación de Capacidad, Trondheim, 23-27 junio de 2003.
- Muñoz, R. J. 1990. Evaluación de diferentes tratamientos de labranza mínima y rotación de cultivos (1987-1989) en la zona de temporal de Durango. Informe de Investigación del Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CEVAG, Dgo. 20p.
- Osuna, C. E. S. 1985. Niveles de labranza para la preparación del suelo en el cultivo del frijol, bajo condiciones de temporal, en Durango. Resúmenes de Investigación. CIANOC. Núm. 15. Calera de V.R., Zacatecas, Méx. p 22.
- Osuna, C. E. S., J. S. Padilla, R. y F. Esquivel, V. 2000. Desarrollo de Sistemas de Producción Sostenible para Uso y Conservación de Suelo y Agua en las

Zonas Áridas y semiáridas del Norte-centro de México. Cuaderno de Trabajo. SIHGO-CONACYT. 45p.

Osuna, C. E. S., M. A. Martínez G., J. S. Padilla, R., E. Martínez M., y J. A. Acosta, G. 2006. Producción integral de frijol de temporal en el Altiplano. Folleto Técnico. En proceso de publicación. 18p.

Padilla, R. J. S., J. A. Acosta, G., E. Martínez, M., E. S. Osuna C y M. A. Martínez, G. 2006. Respuesta del frijol a la sequía 25-31p. In Memoria de Curso: Adecuación y Transferencia de Componentes y Fórmulas Integrales para la Producción de Frijol de Temporal en la Región de San Luis Potosí. SAGARPA-CONACYT-COFUPRO-INIFAP. CIRNO-CESL. Abril, 2006.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México 1990-2000. CEA-SAGAR, México. 52p.

SEMARNAP. 1997. <http://www.semarnap.gob.mx>

SIAP-SAGARPA. 2006. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

TIERRAMERICA. 2000. <http://www.tierramerica.net>

Tiscareño, L. M. 1997. Efecto del fenómeno climático "El niño" en la agricultura Mexicana. Informe de Investigación del Centro Nacional para la Producción Sostenible. CENAPROS-INIFAP-SAGARPA. 15p.

**EN EL PROCESO EDITORIAL DE ESTA PUBLICACIÓN  
COLABORARON:**

**Unidad de Programación y Evaluación del Campo Experimental  
San Luis**

Dr. Jorge Urrutia Morales  
Dr. Cesáριο Jasso Chaverría

**Revisión Técnica**

Dr. Jorge Elizondo Barrón  
M.C. José Luis Barrón Contreras  
Dr. Efraín Acosta Díaz  
M.C. Ernesto López Salinas

**Edición**

Dra. Catarina Loredó Osti  
Dr. Miguel Angel Martínez Gamiño  
Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja

Portada: L.D.G. Paulina del Rosario Amaya González

**SAGARPA-INIFAP-CIRNE**

**Campo Experimental San Luis**

Km 14.5 Carr. San Luis Potosí-Matehuala  
Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.  
Teléfono (444) 8 52 43 16 y Fax (444) 8 52 43 03  
Oficinas: Av. Santos Degollado 1015 A  
Col. Cuauhtémoc, C.P. 78270  
San Luis Potosí, S.L.P.  
Teléfono (444) 8 13 79 23 y Fax (444) 8 13 91 51  
E mail: [funprod@prodigy.net.mx](mailto:funprod@prodigy.net.mx)

## AGRADECIMIENTOS

*Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACyT por el financiamiento otorgado al proyecto 175: “Adecuación y transferencia de componentes y fórmulas integrales para la producción de frijol de temporal en la región del Altiplano (Aguascalentense, Guanajuatense, Potosino y Queretano)”*

*A los productores de las parcelas en donde fueron establecidos los trabajos que han dado origen a la información vertida en este libro.*

*A la Fundación Produce de San Luis Potosí, A. C. por el apoyo económico brindado para la impresión de esta publicación.*

## **GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

C.P. Marcelo de los Santos Fraga  
**Gobernador Constitucional del Estado**

Dr. Manuel D. Sánchez Hermsillo  
**Secretario de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos**

### **DELEGACIÓN ESTATAL DE LA SAGARPA**

Ing. José Manuel Rosillo Izquierdo  
**Delegado Estatal en San Luis Potosí**

### **FUNDACION PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A. C.**

Ing. Francisco Manuel Lastra Lamar  
**Presidente**

Lic. Guillermo Torres Sandoval  
**Vicepresidente**

M.C. José Luis Barrón Contreras  
**Secretario**

Ing. Baltasar Peña del Campo  
**Tesorero**

MBA Horacio A. Sánchez Pedroza  
**Gerente**



**inifap**



**LA INFORMACIÓN DE ESTA PUBLICACIÓN  
Y SU IMPRESIÓN FUERON FINANCIADAS  
POR:**

**FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.**

**FPSLP**

**FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.  
AV. SANTOS DEGOLLADO No. 1015 altos  
COL. CUAUHTEMOC, C.P. 78270  
TEL. / FAX (444) 813- 3972 / 811-0185  
SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.  
fundprodsl@prodigy.net.mx**

**FPSLP**

**COORDINACIÓN REGIONAL ZONA HUASTECA  
CARR. NACIONAL SUR No. 202, Local 5, esq. 2ª. Av.  
FRACC. LOMAS ORIENTE, C.P. 79090  
TEL. / FAX (481) 382-4228  
CD. VALLES, S.L.P.  
fundapro@prodigy.net.mx**