



# MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO DE MEXICO



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

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez  
**Secretario**

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

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

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

C. Ramón Corral Avila  
**Comisionado Nacional de Acuicultura y Pesca**

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

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
**Director General**

M.C. Jaime Piña Razo  
**Encargado de Despacho de la Coordinación de Investigación  
Innovación y Vinculación**

Dr. Enrique Astengo López  
**Encargado de Despacho de la Coordinación de Planeación y  
Desarrollo**

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

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE**

Dr. Francisco Javier Padilla Ramírez  
**Director Regional**

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

C.P. José Cruz González Flores  
**Director de Administración**

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

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

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL  
NORESTE**

**CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS**

**MANEJO INTEGRAL DEL  
CULTIVO DE FRIJOL DE  
TEMPORAL EN EL ALTIPLANO  
DE MÉXICO**

**Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja**

Investigador del Programa de Conservación de Suelo y  
Agua

**Dr. José Saúl Padilla Ramírez**

Investigador del Programa de Fisiología de Cultivos

**Dr. Miguel Ángel Martínez Gamiño**

Investigador del Programa de Agricultura de Conservación

**Dr. Enrique Martínez Meza**

Investigador del Programa de Ecosistemas Desérticos

**Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos**

Investigador del Programa de Frijol

Folleto Técnico Núm. 28  
San Luis Potosí, S.L.P., México.  
Junio de 2007

# **MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO**

No está permitida la reproducción total o parcial de este folleto, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopias, por registro u otros medios, sin permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Derechos reservados © 2007, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Av. Progreso No. 5

Col. Del Carmen

Delegación Coyoacán

C. P. 04100 México, D. F.

Tel. (55) 54 84 19 00

Folleto Técnico No. 28. Junio de 2007

Campo Experimental San Luis. CIRNE - INIFAP

Primera edición

Tiraje 1,000 ejemplares

Impreso en México

Clave INIFAP/CIRNE/A-397

**ISBN 978-970-43-0189-7**

La cita correcta de este folleto es:

Osuna Ceja, E. S., J. S. Padilla Ramírez, M. A. Martínez Gamiño, E. Martínez Meza y J. A. Acosta Gallegos. 2007. **MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO**. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, México. Folleto Técnico Núm. 28. 28 p.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	4
<b><i>ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL EFECTO DE LA SEQUÍA</i></b>	5
<i>Estrategia genética</i>	6
<i>Estrategia edáfica</i>	7
<i>Técnicas de labranza</i>	8
<i>Captación de agua de lluvia</i>	10
<i>Fertilización foliar</i>	13
<i>Estrategia integral</i>	16
<b><i>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN INTEGRAL DEL FRIJOL</i></b>	17
<b><i>VALIDACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA</i></b>	21
<i>Condiciones para el éxito en la Transferencia de Tecnología</i>	22
<i>Obstáculos a vencer y acciones a realizar</i>	22
<i>Crecimiento del sistema de producción integral</i>	23
LITERATURA CITADA	24

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Pág.
Figura 1	Multiarado, implemento que rotura el suelo sin invertir su perfil.	9
Figura 2	La Pileteadora, implemento que forma montículos de tierra a intervalos regulares a través del surco.	11
Figura 3	El sistema Aqueel, implemento que forma las microdepresiones sobre la superficie del terreno.	12
Figura 4	Capacitación y demostración de resultados a productores y técnicos en parcelas demostrativas.	23
Tabla 1	Enfoques de los sistemas de producción del frijol de temporal tradicional e integral.	18
Tabla 2	Consecuencias internas de la preparación del suelo y de la captación de agua de lluvia.	19
Tabla 3	Consecuencias externas en la erosión y en el sistema de producción.	20

# MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO

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

## RESUMEN

En el Altiplano de México, el sistema producto frijol de temporal es de gran importancia social y económica. Sin embargo, la sequía, el deterioro físico y el bajo nivel de fertilidad de los suelos limitan su producción. Una opción para mejorar el sistema en esta zona de temporal deficiente, es el cultivo de variedades mejoradas con alto potencial de rendimiento y buen nivel de resistencia a la sequía, acompañada su siembra con prácticas de conservación y captación de agua *in situ*. Entre éstas últimas se encuentran las labores culturales y de labranza, dentro de ellas, las prácticas conocidas como de corte horizontal y sin inversión para conservación de suelo (uso del Multiarado), captación de agua de lluvia *in situ* (uso de la Pileteadora y el sistema Aqueel), esquemas de fertilización foliar (uso de fertilizantes solubles) y de control de malezas. En conjunto, todas ellas, al integrarse al sistema de producción, permiten la estabilización o la disminución del deterioro de los recursos naturales. Este sistema integral conservacionista ofrece aprovechar los recursos disponibles, aplicando tecnología sencilla, económica y de orden ecológico que permiten hacer más eficiente las labores de cultivo, demostrando que existen alternativas que pueden hacer más redituable el cultivo y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, para el manejo sustentable de los agroecosistemas de secano.

---

<sup>1</sup>*INIFAP-Campo Experimental Pabellón.*

<sup>2</sup>*INIFAP-Campo Experimental San Luis Potosí.*

<sup>3</sup>*INIFAP-Campo Experimental Celaya Gto.*

## INTRODUCCIÓN

En el Altiplano (Aguascalentense, Guanajuatense, Potosino y Queretano), se siembran en promedio 220,000 hectáreas anuales de frijol de temporal, las cuales producen 70,000 toneladas de grano, cuyo rendimiento promedio es de 0.32 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2005, en línea).

La nueva estrategia de desarrollo económico en la que se encuentra inmerso el país, ha obligado a los productores de frijol a mejorar la eficiencia productiva, a incrementar los niveles de rentabilidad del cultivo y a mantener un cuidado constante de los recursos naturales. En el Altiplano, especialmente en las áreas dedicadas a la producción de frijol, es necesario buscar alternativas reales que aumenten la producción y mejoren la competitividad de los productores ante las nuevas condiciones del mercado. Parte de la estrategia para elevar el nivel de ingresos consiste en reducir los costos de producción, sobre todo los asociados a la preparación del suelo y la siembra del cultivo.

La escasez de agua de lluvia y su mala distribución para los cultivos agrícolas de temporal en la región del Altiplano. Aunado a esta circunstancia, cada año aumentan las áreas con problemas de erosión, debido al mal manejo del suelo y del agua de lluvia. Por tanto, es conveniente considerar algunos aspectos relacionados con un ~~e~~ mejor aprovechamiento de la precipitación pluvial, situación que puede lograrse con la implementación de sistemas de captación del agua de lluvia que incluyan técnicas que además de aprovechar la humedad, contribuyan a conservar el suelo.

En la actualidad la producción del sistema de frijol de temporal en el Altiplano se ha reducido considerablemente, debido entre otras causas, a la falta de prácticas agronómicas, tales como: uso de variedades resistentes a sequía; captación *in situ* del agua de lluvia; y fertilización química. Estos factores han contribuido a la degradación del suelo, con una sobreexplotación de la cubierta vegetal.



El reto del programa de modernización del campo en el Altiplano, es alcanzar una producción y productividad sostenida en el cultivo de frijol de temporal. Para lograrlo, entre otras acciones, es necesario disminuir los efectos de la sequía, reducir la erosión de los suelos, mantener e incrementar la fertilidad de los mismos y utilizar variedades de maduración temprana, con capacidad de escape a esas condiciones adversas. Entre las diferentes formas para conservar y almacenar humedad en el suelo, así como corregir deficiencias nutricionales de la planta del frijol se encuentran las labores culturales (o manejo agronómico) y de labranza, entre las cuales destacan las prácticas conocidas como de corte horizontal y sin inversión para conservación de suelo, captación de agua de lluvia *in situ*, fertilización foliar y variedades mejoradas de ciclo precoz.

En el Altiplano, desde hace más de 20 años se han realizado esfuerzos encaminados a impulsar sistemas de labranza de conservación y captación de agua *in situ* mediante programas de investigación y de transferencia de tecnología. Con estos sistemas se trata de reducir costos en la preparación del suelo, disminuyendo el tiempo dedicado a estas labores, aumentar la capacidad de retención de agua *in situ* y reducir los escurrimientos superficiales; al mismo tiempo, se pretende favorecer la conservación de los recursos y optimizar el uso del suelo y del agua.

Las decisiones sobre las prácticas de manejo de suelo-agua-planta para aplicarlas en un agroecosistema, dependen de las características del suelo, clima y organismos dañinos (plagas, enfermedades y malezas). Para su implementación, el productor cuenta con diversos elementos y herramientas de labranza, desde el azadón hasta implementos de tracción mecánica, así como una amplia gama de agroquímicos para tratar de obtener un terreno de cultivo libre de malezas y plagas.

El objetivo de esta publicación es proporcionar a los productores, elementos técnicos que le permitan seleccionar y adecuar el proceso de producción del cultivo de frijol de temporal, de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas, tendientes a inducir cambios necesarios para reducir la erosión del suelo y mejorar el uso de éste y del agua;

además, se busca incrementar la capacidad productiva, aumentar los rendimientos, reducir los costos de producción y crear las condiciones para una agricultura sustentable en espacio y tiempo.

En el presente folleto se hace una descripción del método para la producción de frijol de temporal en el Altiplano, el cual incluye estrategias edáficas y genéticas que son técnicas auxiliares de una acción integral, es decir, son un medio y no un fin para disminuir los efectos de la sequía.

## **ANTECEDENTES**

Para reducir el efecto de la sequía en el rendimiento de los cultivos en el Altiplano, se requiere de un incremento en la cantidad de lluvia o del uso de agua de riego. Con referencia a la primera alternativa, todavía no hay un mecanismo confiable para aumentar la cantidad de precipitación pluvial durante los períodos de sequía, aunque se han intentado varios métodos de “siembra de lluvia” (Foote y Bruintjes, 1997). De tal manera que las soluciones posibles que existen, se pueden agrupar en dos, las cuales son: una, aumentar la cantidad de agua almacenada en el suelo, y otra, desarrollar variedades de cultivo que puedan evitar o tolerar más eficientemente la sequía.

En el Altiplano, la sequía se considera como una circunstancia climática, medida en relación a la precipitación media a la que están adaptadas las condiciones económicas de la zona. Climáticamente, se pueden considerar tres categorías de sequía: a) permanente o casi permanente, como es el caso de las zonas desérticas; b) estacional periódica, la cual se asocia a la formación de zonas semiáridas, y c) aleatoria, cuya duración, intensidad y ocurrencia es muy variable y que se presenta principalmente en las zonas templadas. Por lo general, en el área del Altiplano de México la sequía está asociada al “Fenómeno del Niño” (Figueroa, 1991; Tiscareño, 1997).

De acuerdo con la importancia relativa de las diferentes causas de sequía, puede haber estaciones climáticas con precipitación deficiente en cantidad pero bien distribuida en el tiempo y en el espacio, con precipitación normal pero mal distribuida, con precipitación normal pero establecida tardíamente y con precipitación mal distribuida y establecida tardíamente.

La definición de grados de intensidad de la sequía climática, se hace en función de las deficiencias pluviométricas con relación a la normal climática, bajo un periodo de retorno dado, de tal forma que una sequía moderada es cuando la deficiencia pluviométrica es inferior o igual al 25% de la normal; una severa, cuando la deficiencia se encuentra entre 25 y 50% de la normal; y una catastrófica, cuando la deficiencia pluviométrica es superior al 50% del valor normal.

El impacto de la sequía sobre la agricultura depende del tipo de sequía y de las características edáficas.

## ***ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL EFECTO DE LA SEQUÍA***

Con relación a los criterios de los ambientes de sequía determinados, considerando los factores suelo-planta-atmósfera, que pueden ser representados por la ecuación del balance hídrico (en su forma más simple, afirma que en un volumen dado de suelo; la diferencia entre la cantidad de agua añadida,  $W_i$ , y la cantidad de agua extraída  $W_o$ , es igual al cambio en el contenido de humedad  $\Delta w$ , durante el mismo período; es decir,  $\Delta w = W_i - W_o$ ), es posible seleccionar diferentes estrategias basadas en los factores causales de la sequía.

A continuación se desglosan las estrategias genéticas y edáficas, haciendo énfasis en la necesidad de desarrollar una estrategia combinada para estar en posibilidades de asegurar la mejor respuesta de las plantas.

## ***Estrategia genética***

Tradicionalmente se ha utilizado en lo que los fitomejoradores denominan “resistencia a la sequía”, la cual está relacionada con un ambiente desfavorable por falta de humedad y se refiere a la capacidad de un genotipo para ser más productivo que otro con una determinada cantidad de humedad en el suelo.

En general, el fitomejorador dispone de dos técnicas de mejoramiento cuando intenta desarrollar variedades que rindan más en un ambiente deficiente de humedad; estas técnicas consisten en desarrollar variedades que estén bastante adaptadas a un sólo ambiente o que se adapten a una amplia diversidad de condiciones ambientales.

La técnica de adaptación a un ambiente específico, es más útil en las regiones donde las plantas completan su ciclo de vida con humedad almacenada en el suelo durante una estación lluviosa previa; la segunda técnica de mejoramiento es más apropiada cuando las plantas reciben precipitación durante la etapa de crecimiento estando sujeta a sequías periódicas (Padilla *et al.*, 2006).

Otro enfoque potencialmente útil para el mejoramiento de la resistencia a sequía, es la combinación de ambientes de humedad adecuados y limitativos; mediante esta técnica, se pueden seleccionar rasgos asociados con resistencia a sequía en el ambiente limitativo y rasgos asociados con mayor rendimiento y calidad en el ambiente adecuado. Por ejemplo, se ha demostrado que en ausencia de marcadas variaciones estacionales en los factores adversos, en particular sequía o temperaturas bajas, las variedades de frijol de maduración tardía rinden más que materiales similares de maduración temprana. Una posible situación en la que los genotipos de maduración temprana pueden superar el rendimiento de los de maduración tardía ocurre cuando un factor adverso aumenta en intensidad y duración a través del ciclo del cultivo; como es el caso del Altiplano, donde la sequía suele presentar períodos muy prolongados (desde una hasta tres semanas o más en años extremadamente secos), ocurriendo principalmente durante la fase reproductiva (floración y

amarre de vainas) del frijol (finales de julio y mediados de agosto), provocando una reducción considerable en el rendimiento del cultivo (Acosta *et al.*, 1996; Acosta *et al.*, 1998; Padilla y Acosta, 2003).

### ***Estrategia edáfica***

El análisis de la ecuación del balance hídrico, en el caso de uso de agua de lluvia *in situ*, señala dos posibilidades para incrementar la humedad almacenada en el perfil del suelo, éstas son: evitar el escurrimiento y reducir la evaporación directa de la superficie del suelo.

En el caso de las operaciones para evitar el escurrimiento, se deben incluir todos los intentos para incrementar la tasa de infiltración del perfil. Entre las más comunes están:

**La labranza.** Es una manipulación mecánica del suelo que altera la estructura del mismo, con el objetivo de proporcionar y mantener en éste las condiciones óptimas para la germinación y desarrollo de las plantas. Esta práctica busca aumentar el contenido de humedad del perfil a través del control de la escorrentía y del aumento de la tasa de infiltración. Se ha demostrado que para algunos suelos este efecto es temporal y en ocasiones, después de un período, puede conducir a un aumento en la escorrentía y a una disminución de la infiltración (Lal, 2000; Unger, *et al.*, 1998; Dexter y Bird, 2001).

Cuando la labranza produce una superficie rugosa, se provoca un aumento en la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, cuya eficiencia depende de la intensidad de la lluvia y de la estabilidad de las unidades estructurales de la superficie del suelo. Existen diferencias entre la rugosidad creada mediante labores de labranza primaria y la secundaria; se ha observado, que la labranza secundaria reduce la rugosidad superficial, con excepción de aquellos casos en los que se rompen costras formadas al interaccionar el agua y el suelo.

El control de la escorrentía mediante el laboreo del suelo, está asociada al incremento en la porosidad; ésta ocasiona mayor almacenamiento del agua y secado más rápido del suelo expuesto. Sin embargo, dentro del proceso de producción del cultivo del frijol de temporal en el Altiplano, la labranza convencional, que se aplica a los suelos para la producción en esta región, ha provocado la degradación de su estructura, reduciendo la capacidad de infiltración del agua, incrementando las tasas de escurrimiento y aumentando el riesgo de erosión (Martínez y Jasso, 2004).

En general, el laboreo intensivo de los suelos por los sistemas de producción agrícola ha propiciado severos daños al suelo, el cual forma parte del agroecosistema, su efecto se refleja en la pérdida de productividad y en la necesidad de incrementar los insumos para la producción. Afortunadamente, durante los últimos años se han desarrollado nuevos sistemas de laboreo y de captación de agua de lluvia *in situ*, los cuales permiten incrementar la productividad de los suelos a bajo costo y ofrecen la posibilidad de detener el deterioro de los mismos, producto de la compactación y erosión (Velásquez, *et al.*, 1997).

### ***Técnicas de labranza***

En México se ha reconocido como laboreo tradicional del suelo a la combinación de operaciones de labranza primaria y secundaria usadas para la preparación de la cama de siembra para un área y cultivo específico. El suelo se rompe con una serie de implementos para producir terrones de diferentes tamaños. Esta preparación se completa con operaciones de labranza secundaria para pulverizar la superficie del suelo (Figueroa y Morales, 1992; Navarro, 2000). Actualmente, este concepto ha evolucionado hacia una preparación mínima y de conservación con iguales exigencias.

Se ha denominado laboreo mínimo a todo proceso de preparación que comprenda la manipulación necesaria para la producción de cultivos o para reunir los requerimientos mínimos de labranza bajo determinadas

condiciones del suelo (Figuroa y Morales, 1992; Navarro., 2000).

Las técnicas de laboreo mínimo se comienzan a introducir en la agricultura del Altiplano sin un daño aparente de la producción agrícola y con una economía importante de recursos. Sin embargo, la posibilidad de minimizar el laboreo se ve limitado por la efectividad de lograr con el mismo condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos (Martínez y Jasso, 2004).

Una innovación cualitativa de las técnicas de laboreo implantadas en el Altiplano, lo constituyó la generalización parcial del laboreo mínimo con el "Multiarado", implemento que está conformado por un cincel modificado con punta de arado ranchero y aletas cortadoras, que lleva implícita una marcada tendencia conservacionista, que busca dejar residuos de cosecha en la superficie y evita invertir el perfil del suelo. Las aletas cortadoras trozan las raíces de las plantas presentes, por lo que es un buen método para controlar la maleza (Figura 1).



Figura 1. El multiarado, implemento que rotura el suelo sin invertir su perfil.

***Labranza horizontal sin inversión del suelo.*** En esta, el suelo se rotura en forma vertical y horizontal

después de la cosecha del cultivo anterior. La principal ventaja de esta práctica es el incremento en la infiltración del agua después de preparar el terreno y durante el ciclo del cultivo. El “Multiarado” se utiliza para roturar el suelo sin invertirlo; generalmente se recomienda realizarlo en el sentido de los surcos o hileras de plantas, para que el agua de lluvia penetre directamente en la zona de raíces del cultivo.

A juzgar por las experiencias obtenidas en el Altiplano, el ahorro que representa la tecnología del “multiarado” oscila entre 75% en tiempo de preparación y 50% en costo en relación con el barbecho. Es decir, para preparar una hectárea con el “Multiarado” se invierte una hora dado que es más ancho que el arado de discos utilizado para barbechar; por lo tanto, para preparar una hectárea con barbecho se tarda cuatro horas, empleando en ambos casos un tractor de 70 HP a una velocidad de 20 km hr<sup>-1</sup> (Ventura, 2002; Martínez y Jasso, 2004).

Un aspecto económico complementario está implícito en el beneficio que se obtiene al aplicar métodos de labranza conservacionista que redundan a largo plazo en la conservación del suelo y agua y del ambiente en general.

### ***Captación de agua de lluvia***

Una de las formas para conservar y almacenar humedad en el suelo es la captación de lluvia *in situ*. Actualmente se han desarrollado métodos muy eficientes para eliminar los escurrimientos y disponer de más agua para la producción de cosecha. El éxito de esta tecnología de producción, usando métodos de captación y conservación de agua de lluvia ha sido validado por investigaciones independientes en todas las zonas áridas y semiáridas del mundo. El uso de esta tecnología está ampliamente distribuida en el Altiplano de México, principalmente el uso del “pileteo” o contras perpendiculares al surco y el sistema Aqueel (Fernández *et al.*, 2004; Rubio, 2004; Ventura, 2002).



**Pileteo:** Es una práctica mecánica de labranza que consiste en levantar montículos de tierra a intervalos regulares a través del surco, formando pequeñas cuencas de captación, de tal manera que, cuando se presentan los eventos de lluvia, ésta se almacena en estas cuencas, infiltrándose en el suelo antes de que escurra y/o se evapore, es de especial importancia cuando la intensidad de la precipitación excede la tasa de infiltración del suelo. Para su construcción se utiliza la “Pileteadora”, un implemento que consta de cuatro sistemas (Figura 2): 1) Sistema de montaje; 2) Sistema de rodadura; 3) Sistema para levantar el bordo, ubicado en el extremo del sistema de montaje y 4) Sistema de acople. Al funcionar estas herramientas agrícolas, la paleta, ubicada al extremo del brazo de palanca (sistema de montaje), levantada a intervalos regulares, por un giro de la rueda (sistema de rodadura) tipo leva de 2 m de diámetro, montadas sobre esta palanca forma el motículo de tierra (Rubio, 2004).



Figura 2. La Pileteadora, implemento que forma montículos de tierra a intervalos regulares a través del surco.

La pileteadora es un aditamento que se adapta fácilmente a cultivadoras de 2, 3 y 4 surcos, lo que permite combinar el pileteo con las labores de cultivo; la mayor

eficiencia del sistema de pileteo es cuando se implementa desde la primera escarda sobre todo en ambientes con precipitaciones promedio menor a 300 mm durante el ciclo de cultivo.

**Sistema Aqueel:** Al igual que el pileteo, es una práctica de labranza que consiste en formar pequeños reservorios sobre la superficie del terreno de manera uniforme para la captación de agua de lluvia *in situ*. Se realiza con una herramienta que imprime huellas en el suelo sin causar compactación durante el proceso (Figura 3). La ventaja de esta tecnología es la disminución del escurrimiento y la erosión. De igual forma la distribución de la humedad es más uniforme. Su capacidad de almacenamiento, es de aproximadamente un litro de agua por reservorio, lo que representa un volumen aproximado de 175, 000 litros de agua captada por hectárea (Ventura *et al.*, 2003; Ventura, 2002; SIMBA, 2004).



Figura 3. El sistema Aqueel, implemento que forma las microdepresiones sobre la superficie del terreno.

El Sistema Aqueel está conformado por ruedas dentadas individuales, las cuales, al agruparse, forman un rodillo continuo del tamaño del implemento al que se va

adicionar; por ejemplo a la sembradora (que permite aplicar en un sólo paso la siembra y el Aqueel). Éste está considerado como aditamento y no como un implemento, por lo que puede adaptarse a cualquier implemento una vez que se conocen las dimensiones y el diseño de los aperos con los que dispone el agricultor. Se recomienda la implementación al momento de la siembra.

**Surcado al contorno:** son operaciones de labranza, siembra, y otras labores de campo que produce una distribución más uniforme del agua de lluvia sobre el terreno y, cuando se combina con la construcción de bordos transversales al sentido del surcado (pileteo) o se integra al sistema Aqueel, produce un almacenamiento casi total del agua de lluvia, eliminando la escorrentía.

### ***Fertilización foliar***

La fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este sistema de nutrición, la hoja tiene un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, pues algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones. (Trinidad y Aguilar, 2000).

La fertilización foliar puede convertirse en una práctica común e importante para los productores de la región, porque corrige las deficiencias nutricionales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, sino constituye una práctica que sirve de respaldo, al suplementar o complementar los requerimientos nutricionales del cultivo que no pueden abastecerse 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. De aquí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos aplicados en la etapa de floración y llenado de grano del cultivo, es ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica

(Chávez, 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 aplicadas 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 en el cultivo de frijol, es una práctica obligada, para incrementar su rendimiento, aún bajo condiciones limitadas de humedad. El abastecimiento de nitrógeno y fósforo durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo (0, 30, 50 y 70 días después de la siembra), es un factor que influye de manera determinante en el rendimiento (Eibner, 1986; Osuna *et al.*, 2000; Trinidad y Aguilar, 2000).

Bajo este contexto, en la zona del Altiplano clasificada como de humedad limitativa, la aplicación de fertilizantes químicos al suelo es prácticamente nula, 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 fórmula 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 nula 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 más 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, en casos como este, la fertilización foliar resulta más ventajosa, en especial para ciertos elementos, que la fertilización al suelo. La efectividad de este tipo de fertilización permite aprovechar al máximo el potencial de rendimiento de las variedades mejoradas aptas para estas condiciones de secano (Giskin *et al.*, 1984).

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 asperjados al follaje durante las etapas críticas del cultivo, es un aspecto fundamental en este sistema de producción. El proporcionarle los nutrientes a la planta de manera directa, eficiente y oportuna en combinación con algunas prácticas de captación *in situ* (uso del pileteo ó el sistema Aqueel), para aumentar la disponibilidad del agua de lluvia, garantiza que el frijol presente un mejor rendimiento de grano, especialmente en tierras poco profundas, erosionadas y de baja fertilidad, como las de la región del Altiplano.

Consideraciones generales: 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 ha<sup>-1</sup> de N y P en 600 litros de agua), al 2 y 1% en total la concentración de la solución a asperjar. La fertilización foliar debe aplicarse a los 55 días después de la siembra (etapa de llenado de grano), procurando tener una condición húmeda en el suelo (entre capacidad de campo y saturación a una profundidad de 10 cm) para que el cultivo esté hidratado.

## ***Estrategia integral***

Dado el carácter aleatorio en tiempo y espacio de la precipitación, en la mayoría de los ambientes clasificados como de humedad limitativa, es necesario optar por estrategias de tipo integral. Este concepto, como lo reportó Acosta *et al.*, (2006), está basado en el hecho de que las variedades mejoradas de frijol por sí mismas no pueden garantizar la obtención de altos rendimientos, por lo que en zonas con precipitación aleatoria, es necesario acompañar la siembra con prácticas agronómicas adecuadas que permitan el máximo aprovechamiento de la humedad de las lluvias.

La estrategia integral consiste en reforzar con una serie de componentes tecnológicos y fórmulas integrales el sistema de producción de frijol de temporal en las zonas del Altiplano. Esta nueva forma de cultivar los campos involucra prácticas culturales y de labranza adecuadas (labranza de conservación, captación de agua *in situ*, fertilización y uso de variedades mejoradas de frijol con alto potencial de rendimiento y nivel de resistencia a la sequía), que permiten el máximo aprovechamiento del agua de lluvia, asegurándose así una producción mínima en los años malos y excedente en producción para autoconsumo o comercialización en los años buenos.

En la estrategia integral se busca reforzar las actividades que realiza el productor considerándolas como un todo, por esta razón, en cualquier modificación de la tecnología prevaeciente se debe considerar el efecto que tendrá en los otros procesos de producción que está realizando el productor, incluyendo el trabajo extrafinca.

En la consecución de esta última estrategia, las estrategias edáficas y genéticas se convierten en auxiliares de la global, es decir, son un medio y no un fin en el combate a la sequía. La naturaleza misma de esta acción obliga la interdisciplinaridad y por lo mismo, a la integración de grupos multidisciplinarios que comprendan todas las ciencias involucradas en la solución del problema. Para que la estrategia sea exitosa, se requiere de un análisis previo de las condiciones socioeconómicas de los productores con

miras a una tipificación de los mismos, a fin de ubicarlos geográficamente en el área de estudio.

## **DESCRIPCION DEL SISTEMA DE PRODUCCION INTEGRAL DEL FRIJOL**

Este sistema de producción busca la integración al nivel de unidad de producción de componentes tecnológicos y fórmulas integrales, con el fin de contribuir al mejoramiento y conservación de los recursos naturales e incrementar la productividad de los medios disponibles para producir (tierra, mano de obra y capital).

La tecnología, involucra la combinación de técnicas edáficas y genéticas recomendadas y de orden ecológico las cuales se pueden manejar al nivel de parcela del productor: a) Prácticas de conservación de suelo y captación de agua de lluvia *in situ* (labranza de conservación, pileteo y microdepresiones); b) Implementos agrícolas de tracción mecánica (uso del "Multiarado", "Pileteadora" y "Aqueel"), c) Prácticas de fertilización foliar (uso de fertilizantes solubles en agua) y d) Calidad de semilla de frijol (uso de variedades mejoradas precoces: Flor de Mayo Bajío, Flor de Mayo Sol y Pinto Saltillo, entre otras).

El uso de estas tecnologías en el cultivo de frijol de temporal ofrece al productor una posibilidad más segura de producción de cosecha al practicar una agricultura sostenible y de conservación de recursos por el cambio de uso y manejo del suelo y el agua.

A continuación se presentan los enfoques tradicionales y actuales del sistema de producción del frijol de temporal y se analizan las consecuencias de estas formas de manejo del suelo (Tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1. Enfoques de los sistemas de producción del frijol de temporal tradicional e integral.

<b>Sistema tradicional</b>	<b>Sistema integral</b>
La preparación del suelo es indispensable para la producción del cultivo (barbecho y rastra).	Labranza conservacionista, preparación del suelo sin invertir el perfil (uso del multiarado).
Incorporación de los residuos de la cosecha anterior con los implementos de preparación del suelo (arado reversible y rastra de discos).	Los residuos del cultivo se mantienen en la superficie (mantillo).
Suelo desnudo durante semanas y meses.	Cobertura permanente del suelo.
Captación de agua <i>in situ</i> como opción.	Captación de agua <i>in situ</i> obligada (Uso del sistema Aqueel a la siembra y la Pileteadora en la escarda).
Calentamiento del suelo por radiación directa.	Reducción de la temperatura del suelo.
Pastoreo directo después de la cosecha (época seca).	Pastoreo directo prohibido.
Énfasis en procesos químicos del suelo.	Énfasis en procesos biológicos del suelo.
Control de plagas preferentemente químico.	Control de plagas preferentemente biológico.
Uso de variedades mejoradas de frijol y rotación de cultivo como opción.	Uso de variedades mejoradas de frijol (calidad de semilla) y rotación de cultivos obligada.
La erosión del suelo es aceptada como un fenómeno inevitable asociado a la agricultura convencional.	La erosión del suelo no es más que un síntoma de que para esa área y su agroecosistema se han utilizado métodos inadecuados de cultivo.



Tabla 2. Consecuencias internas de la preparación del suelo y de la captación de agua de lluvia.

<b>Consecuencias internas de la preparación del suelo y del terreno desnudo</b>	<b>Consecuencias de la labranza conservacionista y captación de agua <i>in situ</i></b>
Erosión hídrica y eólica inevitable.	Erosión hídrica y eólica controlada.
Menor infiltración de agua en el suelo.	Mayor infiltración de agua en el suelo.
Mayor compactación del suelo.	Menor compactación del suelo.
Menor retención de humedad del suelo.	Mayor retención de humedad del suelo.
Pérdida de agua por escurrimiento superficial.	Reducción del escurrimiento superficial y mejoramiento del almacenamiento de agua.
Bajo contenido de MO en el suelo.	Aumento o mantenimiento del contenido de MO (mejora la calidad del suelo).
Degradación del suelo (química, física y biológica).	Mejoramiento de la calidad del suelo (química, física y biológica).
Disminución de la productividad del cultivo.	Aumento de la productividad del cultivo.
Mayor uso de fertilizantes y mayores costos de producción.	Menor uso de fertilizantes y menores costos de producción.
Amenaza de sobrevivencia en el campo (menores rendimientos, producción sin rentabilidad, insuficientes entradas de dinero).	Aumentan las posibilidades de ingreso de los productores a través de una buena rentabilidad y de una producción sostenible.
Pobreza, éxodo rural, aumento de las poblaciones marginales y de los conflictos sociales.	Satisfacción de las necesidades básicas, aumento del estándar y de la calidad de vida de las familias de los productores.

Tabla 3. Consecuencias externas en la erosión y en el sistema de producción.

<b>Efectos externos de la erosión</b>	<b>Efectos externos del sistema de producción</b>
<p>Asolvamiento de ríos, presas y lagos en la microcuenca.</p> <p>Reducción de la calidad del agua.</p> <p>Problemas en centrales hidroeléctricas.</p> <p>Sedimentación de caminos.</p> <p>Costos más altos para el estado y para la sociedad debido a los efectos externos de la erosión.</p>	<p>Disminución del asolvamiento de ríos, presas y lagos en la microcuenca.</p> <p>Mejoramiento de la calidad del agua.</p> <p>Sin problemas en centrales hidroeléctricas.</p> <p>No ocurre sedimentación de caminos.</p> <p>Reducción de costos para el estado y para la sociedad debido a que se evitan los efectos externos de la erosión.</p>
<p><b>Resultado:</b></p> <p><b>Explotación del suelo = Extrativismo.</b></p> <p><b>No es posible el uso sostenible del suelo (ecológicamente, socialmente y económicamente).</b></p>	<p><b>Resultado:</b></p> <p><b>Utilización racional del suelo y el agua.</b></p> <p><b>Uso sostenible del suelo y el agua asegurado (ecológicamente, socialmente y económicamente).</b></p>

En el sistema integral, no se invierte el perfil del suelo, la labranza se realiza con el "Multiarado" que usa cinceles con puntas en "V" del tipo de pata de ganso (cinceles de azadas). Se usan en el sistema, operaciones de cultivo para conservar y almacenar humedad en el suelo, fertilizar el cultivo, controlar las malezas, las plagas y las enfermedades. Entre las diferentes formas de realizar estas prácticas se encuentran las labores culturales y de labranza, dentro de ellas, las prácticas conocidas como pileteo, Aqueel, fertilización foliar y aplicación de agroquímicos, discutidas previamente. Todos estos componentes tecnológicos acompañan a la siembra de las variedades mejoradas en el Altiplano, tal es el caso de Bajío y Sol en el tipo Flor de Mayo y Pinto Saltillo en la clase Pinto Nacional.

## **VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Para lograr una agricultura integral conservacionista, que ayude a la preservación del medio ambiente, es necesario validar y transferir las prácticas agronómicas, de conservación de suelo y captación de agua arriba mencionadas, que han probado ser efectivas en forma independiente en zonas de temporal deficiente. Su integración al sistema de producción de frijol permiten aprovechar al máximo el potencial de rendimiento, las características fenológicas y morfológicas de las variedades mejoradas de ciclo precoz en el Altiplano de México.

Por lo anterior, es importante llevar a cabo evaluaciones del sistema de producción integral del frijol de temporal, en terreno de productores, para demostrar su viabilidad, comprobar la eficiencia técnica y rentabilidad económica, y observar el grado de aceptación entre los productores.

Los cambios que se originan al incorporar innovaciones tecnológicas al sistema de producción tradicional son pocos, pero requieren de una capacitación a los productores para establecer todos los componentes que

integran esta tecnología. Estos cambios serán aceptados por los productores en la medida que se convengan de la pérdida de productividad de su tierra a causa de la erosión y que existen prácticas para contrarrestar el problema de degradación de los recursos.

### ***Condiciones para el éxito en la Transferencia de Tecnología***

#### ***Obstáculos a vencer y acciones a realizar***

Los obstáculos más grandes para la transferencia de tecnología en agricultura integral, lo constituyen la capacitación de los productores y técnicos y la adquisición de equipos apropiados. Por esta razón, la divulgación del sistema de producción integral debe contemplar inicialmente pocos técnicos y productores innovadores. La transferencia de esta tecnología requiere de los siguientes puntos: I) Concientización; II) Planeación regional; III) Diseño de asistencia técnica; IV) Selección y manejo de equipo para la preparación del suelo, captación de agua *in situ*, siembra y aplicación de agroquímicos; V) Concertación de apoyos institucionales y VI) Manejo del cultivo.

Para lograr la adopción de la tecnología del sistema de producción integral, es necesario, además de que los productores conozcan los beneficios del sistema, diseñar estrategias de capacitación y educación continua (Figura 4); es tan importante demostrar los resultados como capacitar y adiestrar a los ejecutores de la transferencia de tecnología (técnicos y productores).

En las parcelas de productores seleccionados se deben establecer módulos (de una a dos hectáreas) demostrativos para motivar a productores y capacitar a los técnicos. La capacitación se debe efectuar a través de cursos, talleres y días de campo, durante el ciclo del cultivo.



Figura 4. Capacitación y demostración de resultados a productores y técnicos en parcelas demostrativas.

### ***Crecimiento del sistema de producción integral***

El crecimiento del sistema, dependerá del éxito de la demostración a los productores, ya que involucra un cambio en la forma de producir y es difícil que sea adoptado sin una demostración exitosa del sistema.

En principio, se puede considerar como apta para el sistema de producción integral a toda la superficie agrícola del Altiplano de México, siempre y cuando se hagan las adecuaciones pertinentes al sistema en función del tipo de suelo agrícola. De esta superficie, se deberán eliminar aquellas regiones que por características físicas (drenaje, compactación y pedregosidad), técnica (orientación campesina de la producción) y culturales (resistencia al cambio), no cambiarán al sistema de producción integral en el corto y mediano plazo.

De seguirse el procedimiento de transferencia aquí mencionado, se podría tener un avance considerable del

sistema, siempre y cuando los otros factores (insumos y equipos especializados) no se conviertan en limitantes.

Después de la demostración convincente del sistema en las parcelas de los productores innovadores, la tecnología de estos productores podría considerarse en ese momento, como de avanzada regional y competiría favorablemente con los productores de otras regiones del país más desarrollados, cumpliéndose con el proyecto de modernización de la agricultura de zonas áridas y semiáridas en un marco de apertura nacional.

## LITERATURA CITADA

- Acosta Gallegos, J. A. 2006. Las variedades mejoradas de frijol de temporal para el Altiplano de San Luis Potosí. Memoria del Curso Adecuación y Transferencia de componentes y fórmulas integrales para la producción de frijol de temporal en la Región del Altiplano de San Luis Potosí. p 8-13.
- Acosta Gallegos, J. A., J. S. Padilla Ramírez, J. Z. Castellanos Ramos y J. Argaéz P. 1996. Época de siembra del frijol de riego en el Altiplano de México. *Fitotecnia Mexicana*. 19:131-140.
- Acosta-Gallegos, J.A., E. Acosta-Díaz, S. Padilla-Ramirez, E. Lopez-Salinas, R. A. Salinas Pérez, N. Mayek Pérez and J.D. Kelly. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 41: 151-152.
- Chávez, V. 1998. Evaluación de programas de fertilización foliar en plantas de almacigo. Memoria "III Seminario Resultados y Avances de Investigación 1997" Costa Rica.
- Dexter, A. R. and N. R. A. Bird. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents

for tillage based on the water retention curve. *Soil & Till. Res.* 57:203-212.

- 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.
- 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.*
- Ferraris, G. N. 2001. Nutrición: La cosecha que se lleva el carretón del lote. *Revista Fertilizer*, VI (24): 28-29.
- Ferraris, G. N. y 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).* 9 p.
- Figuroa, S. B. 1991. Concepto de Sequía. Memoria del taller de conservación de suelo y agua. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Aguascalientes. Memoria del Taller de conservación de suelo y agua. INIFAP-SARH. México.11-23 p.
- Figuroa, S. B. y F. J. Morales F. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. CP-SARH. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México. 273 p.

- Footo, B. G., and R. Brintjes. 1997. The Research Applications Program of the National Center for Atmospheric Research. Aguascalientes. 43 p.
- 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.
- 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.
- 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](http://www.technidea.com.ar). Argentina.
- Lal, R. 2000. Physical management of soils of the tropics: Priorities for the 21<sup>st</sup> century. Soil Sci. 165:1991-2007.
- 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 No. 23. SAGARPA-INIFAP. 19 p.



- Navarro, B. A. 2000. Manual práctico de labranza de conservación. SAGAR. Subsecretaría de Desarrollo Rural. 74 p.
- 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. 45 p.
- Padilla Ramírez, J. S. and J. A. Acosta Gallegos. 2003. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 46:89-90.
- Padilla Ramírez, S. J., J. A. Acosta Gallegos., E. Martínez, Meza, E. S. Osuna Ceja y M. A. Martínez Gamiño. 2006. Respuesta del frijol a la sequía. Memoria del Curso Adecuación y transferencia de componentes y fórmulas integrales para la producción de frijol de temporal en la Región del Altiplano de San Luis Potosí. p 8-13.
- Rubio, G. E. 2004. El sistema de conteo. SAGARPA. Subsecretaria de Desarrollo Rural. 8 p.
- SIAP-SAGARPA. 2005.  
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sisprod/sp>
- SIMBA. 2004.  
[www.simbaco.uk/asfets/library-files/aqueel\\_dossier.pdf](http://www.simbaco.uk/asfets/library-files/aqueel_dossier.pdf)
- Tiscareño, L. M. 1997. Efecto del fenómeno climático “El Niño en la Agricultura Mexicana. Informe de Investigación del Centro Nacional para Producción Sostenible. CENAPROS – INIFAP - SAGARPA.
- Torres, D. M. 2000. Fertilización foliar en soja. Proyecto Fertilizer-INTA. Asociación Civil. 9p.
- Trinidad, S. A y D. Aguilar, M. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Vol. 17, Núm. 3. 1999.

- Unger, P. W., O. R. Jones., J. D. McClenagan, and B. A. Stewart. 1998. Aggregation of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:1659-1666.
- Velásquez, V. M. A., Tiscareño, L. M., Claverán A. R, y Gallardo V. M. 1997. Erosión y productividad bajo labranza de conservación I. Avances de Investigación en suelos de Ando en Michoacán. Folleto Técnico No. 1. INIFAP-PRODUCE. 34 p.
- Ventura, R. E. Jr. 2002. Transferencia de tecnología de captación "*in situ*" del agua de lluvia para la producción de cultivos en la zona semiárida de Qro. Resumen de Investigación. Universidad Autónoma de Querétaro. 1 p.
- Ventura, R. E. Jr. M. A. Dominguez, 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.

La información de esta publicación se generó con  
el Proyecto de Transferencia de Tecnología:

**SAGARPA-CONACYT 175  
ADECUACION Y TRANSFERENCIA DE  
COMPONENTES Y FORMULAS INTEGRALES  
PARA LA PRODUCCION DE FRIJOL DE  
TEMPORAL EN LA REGION DEL ALTIPLANO  
(AGUASCALENTENSE, GUANAJUATENSE,  
POTOSINO Y QUERETANO)**

La revisión de esta publicación estuvo a cargo de los siguientes  
miembros del Comité Editorial del Campo Experimental San Luis:

Dr. Jorge Urrutia Morales  
Ing. Javier Luna Vázquez

**Revisión Técnica:**

Dr. Jorge Elizondo Barrón  
Dr. Efraín Acosta Díaz  
M.C. José Luis Barrón Contreras

**Edición:**

M.C. José Luis Barrón Contreras

Tipografía: T.S. Maria Teresa de Jesús Castilleja Torres  
Formación: M.C. José Luis Barrón Contreras  
Fotografía: Archivo del Campo Experimental San Luis  
Portada: Ing. Guillermo Ruiz Vázquez  
Coordinador de Transferencia de Tecnología de  
la Fundación Produce de San Luis Potosí, A.C.

**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)

**GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**GOBERNADOR**

**C. P. Marcelo de los Santos Fraga**

**SECRETARIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y  
RECURSOS HIDRÁULICOS**

**Dr. Manuel D. Sánchez Hermosillo**

**DELEGACIÓN ESTATAL DE LA SAGARPA**

**DELEGADO EN SAN LUÍS POTOSÍ**

**Ing. José Manuel Rosillo Izquierdo**

**FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A. C.**

**PRESIDENTE**

**Ing. Francisco Manuel Lastra Lamar**

**VICEPRESIDENTE**

**Lic. Guillermo Torres Sandoval**

**SECRETARIO**

**M. C. José Luis Barrón Contreras**

**TESORERO**

**Ing. Baltazar Peña del Campo**

**GERENTE**

**Ing. Horacio A. Sánchez Pedroza**



**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.  
fundprodsi@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**