



RECONVERSIÓN PRODUCTIVA PARA EL ORDENAMIENTO AGROPECUARIO

*Francisco G. Echavarría Cháirez
(compilador)*



**RECONVERSIÓN PRODUCTIVA
PARA EL ORDENAMIENTO
AGROPECUARIO**

México, julio de 2015

Reconversión productiva para el ordenamiento agropecuario

Francisco G. Echavarría Cháirez (compilador)

D.R. © Honorable Cámara de Diputados

LXII Legislatura / Congreso de la Unión

Av. Congreso de la Unión, núm. 66

Col. El Parque, 15960 México, D.F.

ISBN 978-607-8501-36-6 (PDF internet)

ISBN: 978-607-9423-43-8 (impreso)

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable
y la Soberanía Alimentaria

Responsable de la edición

José Alejandro Guerrero Padilla

Formación de portada e interiores y cuidado editorial

Altas y Bajas, Servicios Editoriales, Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V.

Supervisión técnica de la edición

Gladis Martha Adriana Ugalde Vitelly e Irma Leticia Valera Jaso

Diseño de la colección

Kinética / Irma Leticia Valera Jaso

Diseño de la portada de la colección

Kinética

Fotografías de la portada e interiores

INIFAP

Las opiniones y conclusiones vertidas en esta publicación son responsabilidad
exclusivamente de los autores y no representan necesariamente la opinión
del CEDRSSA.

Impreso en México / *Printed in Mexico*

RECONVERSIÓN PRODUCTIVA PARA EL ORDENAMIENTO AGROPECUARIO

Francisco G. Echavarría Cháirez
(compilador)

**Colección: Situación, Retos y Tendencias
para el Desarrollo Rural Sustentable**

CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE
Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA. CÁMARA DE DIPUTADOS, LXII LEGISLATURA

México, 2015

CÁMARA DE DIPUTADOS LXII LEGISLATURA

Mesa Directiva

Presidente: *Julio César Moreno Rivera*

Vicepresidentes: *Tomás Torres Mercado, Francisco Arroyo Vieyra,
Martín Alonso Heredia Lizárraga, Lizbeth Eugenia Rosas Montero*

Secretarios: *Francisca Elena Corrales Corrales, Sergio Augusto Chan Lugo,
Graciela Saldaña Fraire, Javier Orozco Gómez, Marilyn Gómez Pozos,
Magdalena del Socorro Núñez Monreal, Luis Antonio González Roldán*

Cuerpo Administrativo de la H. Cámara de Diputados

Secretario general: *Mauricio Farah Gebara*

Secretario de Servicios Parlamentarios: *Juan Carlos Delgadillo Salas*

Secretario de Servicios Administrativos y Financieros: *Francisco de Jesús de
Silva Ruiz*

COMITÉ DEL CEDRSSA

Presidente: *Marco Antonio González Valdez*

Secretarios: *Cristina Ruiz Sandoval, Víctor Serralde Martínez, Pedro Porras Pérez*

Integrantes: *José Rubén Escajeda Jiménez, Roberto López Rosado,
Juan Luis Martínez Martínez, Leslie Pantoja Hernández, Sonia Rincón Chanona,
Amílcar Augusto Villafuerte Trujillo*

CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

Director general: *Jorge Cárdenas Elizondo*

ÍNDICE

Introducción	9
Capítulo 1. Orígenes de la estrategia de reconversión productiva en Zacatecas y acciones complementarias <i>Jesús Vallejo Díaz</i>	11
Capítulo 2. Uso potencial del suelo y potencial productivo de cultivos como herramientas para direccionar la reconversión productiva <i>Francisco G. Echavarría Cháirez y Guillermo Medina García</i>	31
Capítulo 3. Sistema de producción de forrajes de temporal, una opción para la reconversión productiva <i>Francisco G. Echavarría Cháirez, Alfonso Serna Pérez, Manuel de Jesús Flores Nájera, Guillermo Medina García, Ramón Gutiérrez Luna y Homero Salinas González</i>	47

Capítulo 4. Producción de cultivos en terrenos degradados: un caso en el estado de Aguascalientes <i>Esteban Salvador Osuna-Ceja</i>	69
Capítulo 5. Acciones de reconversión en terrenos de pastizal en Viboritas, Guadalupe, Zac. <i>Ramón Gutiérrez Luna</i>	89
Capítulo 6. Aplicación de la estrategia de reconversión productiva con el componente de agricultura bajo contrato para el ordenamiento en el estado de Zacatecas en el ciclo PV 2014 <i>Jesús Vallejo Díaz y Jaime Morales Dávila</i>	101

INTRODUCCIÓN

En la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, aunque no se menciona el término de *reconversión*, sí se hace referencia a conceptos como *cambio del uso del suelo en terreno forestal*, *restauración forestal*, *terreno preferentemente forestal* y *conservación forestal*. De lo anterior, se infiere que el objetivo de la reconversión productiva es promover el establecimiento de las actividades de producción agropecuaria y forestal en áreas de buen potencial productivo y aptitud productiva, que sean competitivas y promuevan la sustentabilidad.

De acuerdo con las leyes vigentes que regulan el uso de los recursos naturales en nuestro país, los términos identificados y que están relacionados con la reconversión son: *cambios tecnológicos*, *conversión de cultivos*, *reconversión productiva* y *recuperación de zonas degradadas*. Con respecto a lo anterior, vale la pena revisar las definiciones de *degradación* y *desertificación*, ya que éstas van asociadas. La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo en su glosario define la degradación “como el proceso por medio del cual un compuesto es transformado en componentes más simples”. Por otro lado, la desertificación fue definida en 1992, por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación como: “la degradación de

las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”. Tomando en cuenta lo anterior, la reconversión es pues, una opción que intenta reducir la degradación y por ende la desertificación de la tierra. Para conciliar lo anterior en una sola definición de reconversión productiva, es necesario considerar criterios agronómicos, como por ejemplo, el cambio de las especies vegetales actuales por especies nativas o cultivos alternativos que sean más aptos para sobrevivir y producir en las áreas susceptibles de reconversión. En este caso, se espera que las alternativas propuestas produzcan un menor deterioro de los recursos naturales (pérdida de suelo, agua y nutrientes).

De esta manera, la reconversión productiva se podría definir como “el cambio de la actividad o del sistema, buscando aprovechar la aptitud potencial del área o sitio con un uso óptimo del suelo y reduciendo la siniestralidad”. En las áreas degradadas de Zacatecas, el tipo de actividades asociadas a este concepto podrían ser, por ejemplo: la sustitución de cultivos agrícolas de baja productividad por pastos o matorrales mejor adaptados a la región para producir carne de ovino o caprino o la plantación de nopaleras en áreas agrícolas con problemas de sequía recurrente.

Algunas de estas acciones se han venido desarrollando en el estado de Zacatecas, las cuales han sido apoyadas mediante programas del Gobierno Estatal y Federal; de algunas de ellas se hizo una recopilación y se incluyen otras, que son innovaciones que se presentan como opciones para la reconversión, que fueron generadas a través de investigación y que pretenden servir de alternativa productiva para los productores interesados en la reconversión.

CAPÍTULO 1 ORÍGENES DE LA ESTRATEGIA DE RECONVERSIÓN PRODUCTIVA EN ZACATECAS Y ACCIONES COMPLEMENTARIAS

*Jesús Vallejo Díaz**

RESUMEN

El presente documento refiere los programas, estrategias y acciones que en la última década han emprendido los gobiernos federal y del estado, para ir abordando acciones comprendidas en el Programa Sectorial Agropecuario y Pesquero 2007-2012, para el ordenamiento ecológico para reconvertir zonas agrícolas de baja producción y/o de alta siniestralidad; así como en el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 de implementar políticas públicas integrales de diversificación y modernización productiva con alineación al medio ambiente y los recursos naturales.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El estado de Zacatecas cuenta con una población total de 1.5 millones de habitantes, de los cuales el 40.5 por ciento (604 070)

* Subsecretario de Agricultura, Secretaría del Campo. Gobierno del Estado de Zacatecas (Secampo). Morelos, Zac. México. C.P. 98053; e-mail: <secampo@zacatecas.gob.mx>.

viven en el medio rural. De un PIB estatal estimado en 2009 en 67 mil millones de pesos, el sector primario (Agricultura, Ganadería, Caza y Pesca) aporta el 11.7 por ciento, de la población rural ocupada se estima que el 40.8 por ciento recibe hasta dos salarios mínimos.

El estado de Zacatecas cuenta con una superficie total de 7.5 millones de hectáreas, de esa superficie sólo el 17 por ciento se aprovecha para uso agrícola; 1.3 millones de hectáreas en promedio se cultivan anualmente. De éstas, 130 mil se cultivan bajo el sistema de riego y 1 millón 120 mil se siembran bajo condiciones de temporal, el cual se caracteriza por su insuficiencia para cubrir las necesidades de los cultivos y su errática distribución. El valor anual de la producción agrícola es de 10 164 millones de pesos.

De la superficie cultivada en temporal, el frijol y el maíz son los cultivos que presentan mayor presencia territorial; el 80 por ciento de la superficie cultivada en esta modalidad corresponde a estos dos cultivos.

Como antecedente y para poner en contexto las acciones emprendidas, para exponer las causas que dan origen a implementar acciones estratégicas para la reconversión productiva en el estado de Zacatecas, se considera conveniente hacer un breve resumen de los cambios en la política de desarrollo que modificaron la intervención gubernamental en la cadena alimenticia puesta en práctica por el Estado mexicano de la década de los años treinta, hasta los comienzos de los noventa.

Este proceso de cambio implicó la desaparición o liquidación de dependencias del Gobierno Federal, que en su ámbito de acción y responsabilidad generaban una red de protección a los productores agrícolas de México, que permitían que los pequeños y medianos productores tuvieran acceso a recursos para el establecimiento de sus cultivos, el resarcimiento de

pérdidas ante eventos climatológicos adversos y existiera un referente de precios de garantía por sus productos.

Para quienes participaron en algún espacio institucional del sector a finales de la década de los setenta y la década de los ochenta, podrán recordar que en los comités directivos de los distritos, se determinaban los paquetes tecnológicos y rendimientos esperados por unidad de superficie, que eran la base para el establecimiento de las cuotas de crédito otorgadas por Banrural, el aseguramiento agrícola por parte de Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera S. A. (ANAGSA) y determinar los precios bajo los cuales se estimaba la participación de Conasupo en los acopios bajo precios de garantía.

Datos documentados en el artículo “La experiencia de los fondos de aseguramiento de legislación ambiental” (2001) señalan que durante el periodo 1983-1988, casi 90 por ciento de la superficie agrícola acreditada por la banca oficial contó con la protección del seguro, y en ese lapso se registraron niveles de siniestralidad parcial y total en 42 y 20 por ciento de la superficie, respectivamente. Los altos índices de siniestralidad contrastan con los niveles relativamente bajos de cartera vencida que registraba la banca oficial, los cuales se mantuvieron en un promedio de 10 por ciento durante el ciclo referido.

Los “bajos” niveles de cartera vencida se explican, precisamente, por la cobertura del seguro, mismo que ante cualquier siniestro garantizaba la recuperación de los créditos concedidos, y además mantenía el carácter de sujetos de crédito a los productores, con lo cual evitaba su marginación de este servicio.

Así, durante el periodo 1983-88, las sucursales de la banca oficial recuperaron en efectivo 68 por ciento de los créditos concedidos, mientras que el 32 por ciento restante se recuperó vía indemnizaciones del seguro agrícola. En ciclos agrícolas como el primavera-verano 1988, la proporción de recuperaciones de

crédito vía indemnizaciones representó el 51 por ciento del total.

Estos hechos ilustran claramente el carácter de subsidio que tuvo el crédito agrícola en México y el círculo vicioso que ello provocó: en efecto, se otorgaba crédito a millones de productores cuando de antemano se sabía que muchos no pagarían debido a la elevada probabilidad de ocurrencia de siniestros, aunque para ello se contrataba un seguro oficial que cubría el pago en caso de incumplimiento por razones imputables al clima. Es decir, lo que se prestaba con fondos públicos, también se recuperaba (hasta en una tercera parte) con fondos públicos.

Sin embargo, si bien es cierto que la siniestralidad se explica en gran medida por el carácter temporalero de la superficie acreditada, también lo es que una proporción importante de dicha siniestralidad era producto de simulaciones o acuerdos turbios realizados entre el inspector de campo del propio banco, el ajustador de la aseguradora y el representante del núcleo ejidal.

Entre 1983 y 1989, las transferencias totales del gobierno a ANAGSA sumaron 2 800 millones de dólares. Dado que las primas pagadas por los productores ascendieron a 1 300 millones de dólares y las indemnizaciones pagadas sumaron 4 000 millones de dólares, esto significa una pérdida (asumida por el gobierno) de 2 700 millones de dólares. A esto había que sumarle los 2 400 millones de dólares transferidos por el gobierno para cubrir gastos de operación.

Por su parte, Banrural operaba con un costo superior a sus ingresos, éste asumía un costo de 3.90 pesos para generar 1.00 peso de utilidad, con un índice de cartera vencida en los años noventa del 45 por ciento, con pérdidas que en promedio fueron de 6 625 millones de pesos por año.

Ante lo insostenible de esta situación, el gobierno decide liquidar a ANAGSA en 1990, y procede a redimensionar a banca

oficial, lo que en su momento implicó 190 mil millones de pesos para absorber los pasivos, subsidios y el costo de su liquidación. En este proceso se dio de baja a 73 por ciento de sus empleados, se cerró 63 por ciento de las sucursales y le canceló el crédito a 70 por ciento de los productores.

ANAGSA es sustituida por Agroasemex, institución que, a diferencia de la primera, ha reducido sustancialmente su nivel de cobertura, centrandose principalmente su atención en las áreas de riego y de buen temporal. Adicionalmente a esta medida, se adoptó una política de apertura para que otros agentes también pudieran ofrecer el servicio.

Por su parte, Conasupo –creada en 1965 para regular los mercados de los productos básicos, establecer una relación más eficiente entre productores y consumidores, eliminar el intermediarismo deshonesto e ineficiente, así como proteger a los consumidores de bajos ingresos garantizándoles el acceso a los productos básicos– decrece su participación en el primer lustro de los años noventa, desapareciendo con ella los precios de garantía a los productores de granos como maíz, frijol, trigo, sorgo, oleaginosas, entre otros; así como la prestación de servicios como la compra, almacenaje y distribución de estos productos clave (Yúnez-Naude y Barceinas, 2000).

En este proceso de transformación de Conasupo, aparece Aserca, quien a través de Procampo inicia en 1994 la transferencia directa de ingreso a los productores de básicos, como una transición hacia un sector agropecuario competitivo, con lo que desaparecen los precios de garantía y las licencias de importación para los cultivos anteriormente referidos.

Este proceso gradual de dismantelamiento en el que ya no se cuenta con el mismo nivel de protección a los agricultores y se reduce el control e influencia en el mercado interno de los principales granos y oleaginosas, así como la aparición del TLCAN, coloca a nuestros productores que producen

maíz y frijol para el consumo propio con mano de obra familiar frente a la competencia internacional (SHCP-Financiera Rural, 2011).

LA NECESIDAD DE UN CAMBIO PRODUCTIVO

Particularmente y entrando a abordar el caso de Zacatecas, con los antecedentes previamente referidos, la desaparición del ámbito de protección y confort de los agricultores con reducido nivel de tenencia de la tierra, con tierras de baja capacidad productiva, alta recurrencia de siniestralidad, sin acceso al financiamiento y aseguramiento, quedan claramente desprotegidos e inician un proceso serio de descapitalización y desvinculación del mercado.

Ante este escenario, reconociendo que el 88 por ciento de 1.3 millones de hectáreas que se cultivan anualmente en el estado, se establecen bajo condiciones de temporal, el cual se caracteriza por ser insuficiente y errático en su distribución, que registra altos y recurrentes niveles de siniestralidad por sequía, agravados en los últimos cinco años por efecto del cambio climático; a partir de 2002, con el apoyo de la Subsecretaría de Agricultura de la Sagarpa, del INIFAP en Zacatecas y la Subdelegación Agropecuaria de la Delegación Estatal de la Sagarpa en Zacatecas, se inicia con el Proyecto de Conversión Productiva para el estado de Zacatecas, el cual sería la base para la implementación del Programa de Reordenamiento de la Siembra y Comercialización de Frijol en los estados de Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

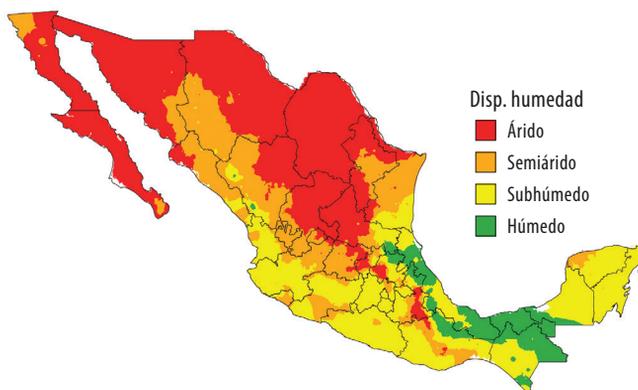
La presencia del cultivo de frijol en más de 700 mil hectáreas de temporal, los excedentes comercializables de esta leguminosa en 2002, que llegaban a más de 400 mil toneladas en inventario que no tenían desplazamiento comercial e

impactaban en el precio al productor, por debajo de los 2 500 pesos por tonelada, fueron elementos sustantivos para iniciar el proceso de conversión en frijol.

Soportado en los índices de precipitación/evaporación y el Estudio para la Determinación de Potencial Productivo por Especies Vegetales elaborado por el INIFAP en Zacatecas, así como con base en la estadística de la superficie sembrada, producción, siniestralidad de frijol en un promedio de 10 años, encontramos:

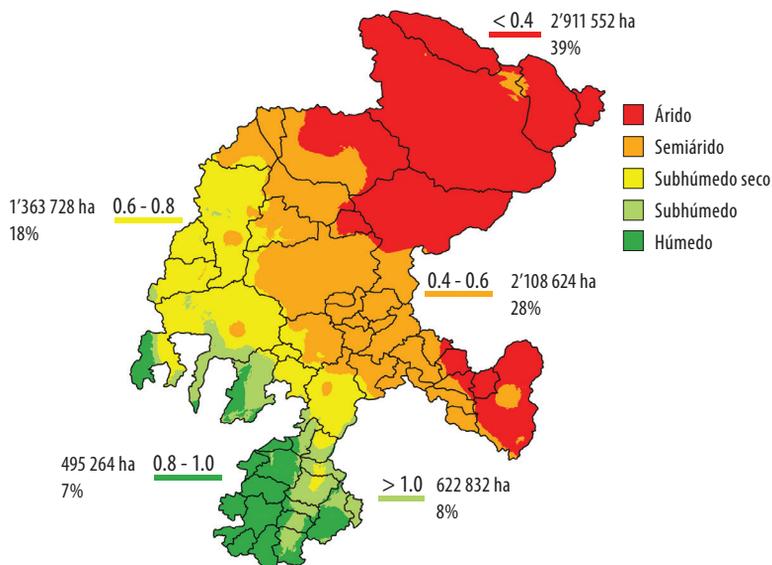
1. Las zonas áridas representan el 44 por ciento del territorio nacional (figura 1):

Figura 1. Índice de precipitación/evaporación del territorio nacional



2. De acuerdo con el índice de precipitación/evaporación, Zacatecas se caracteriza en cinco áreas productivas, en las que 5 millones de hectáreas registran índices menores a 0.6 en las que no se encuentran condiciones para realizar agricultura de temporal (figura 2):

Figura 2. Clasificación de áreas productivas del estado de Zacatecas, de acuerdo con el índice de precipitación/evaporación

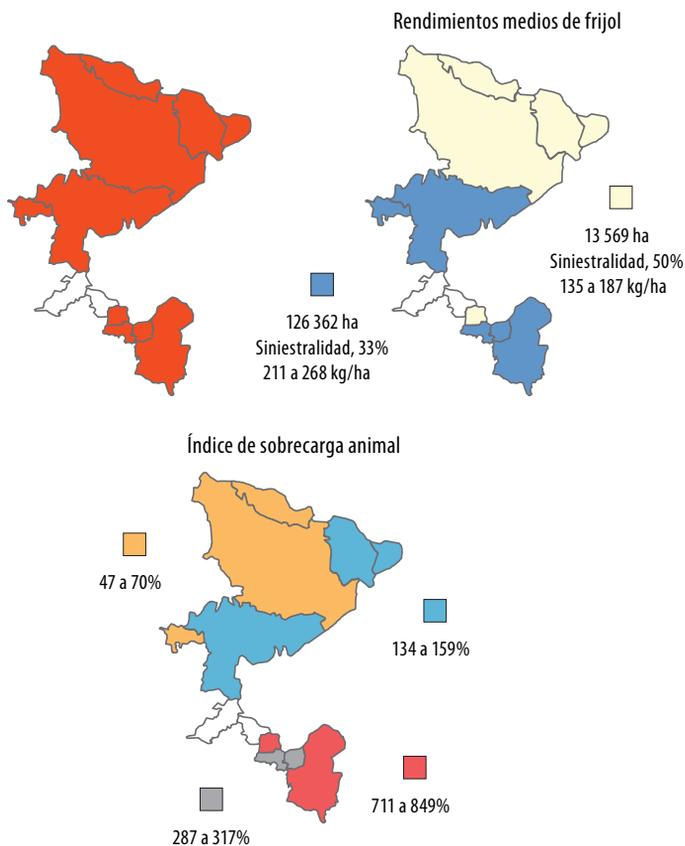


- De 697 mil hectáreas sembradas de frijol de temporal, la determinación de potencial productivo por especies vegetales del INIFAP, identifica que sólo 259 mil registran potencial para la producción de frijol; por tanto, 438 mil requerían convertirse a otras especies vegetales, más aptas al ambiente agroecológico.
- Para cada una de las áreas productivas, se caracterizó una serie de indicadores y alternativas productivas; se cita el ejemplo para la zona árida:

Indicadores:

- 139 931 hectáreas de frijol en 10 municipios
- 262 kilogramos por hectárea de rendimiento promedio

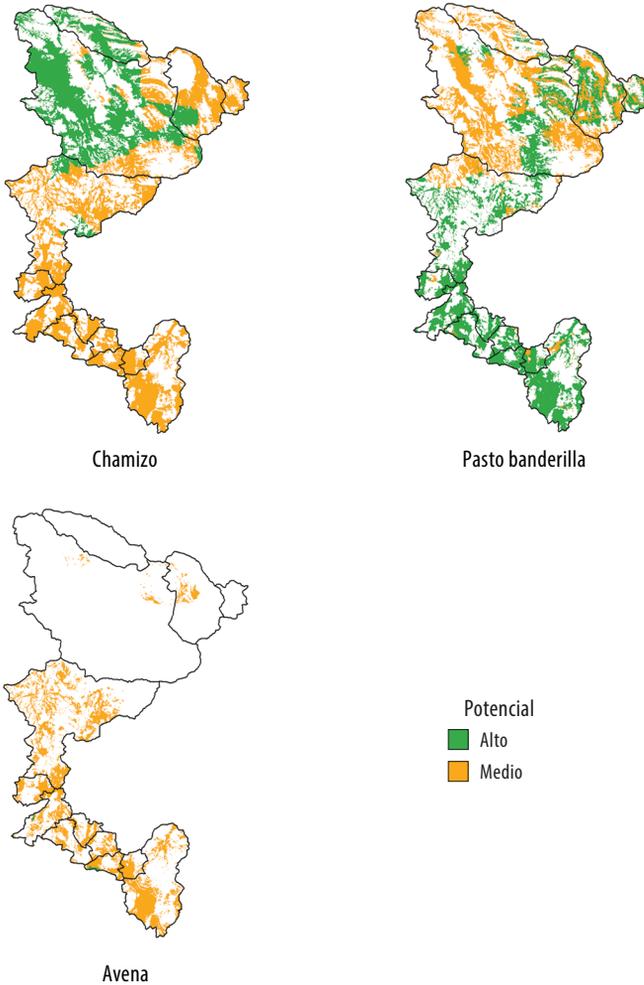
Figura 3. Indicadores de siniestralidad y sobrecarga animal para el norte del estado de Zacatecas



- Siniestralidad media del 35 por ciento; oscila entre el 25 y el 71 por ciento
- Recurrencia de siniestralidad siete de cada ocho años; sobrecarga animal del 161 por ciento

Producto de la caracterización productiva de cada una de las áreas productivas, con el apoyo de la Sagarpa se establece a

Figura 4. Alternativas productivas para la reconversión en el norte del estado de Zacatecas



partir del año 2003, el Programa Regional de Reordenamiento de la Siembra y Comercialización de Frijol (Conversión de Cultivo) con los siguientes:

Objetivos

Sustituir áreas cultivadas de frijol con bajos niveles de producción y productividad, mediante la inducción del cambio en el patrón de cultivos y prácticas agrícolas orientados a la aptitud del suelo y del clima, preservando y mejorando los recursos naturales y en clara respuesta a la demanda del mercado.

Inducir alternativas rentables que mejoren el nivel de ingresos de los productores que desarrollan su actividad agrícola con producciones de subsistencia y autoabasto; y producir forrajes para la ganadería del estado, que permita suplementar su alimentación a fin de mejorar su dieta y revertir el deterioro que presentan los agostaderos (Sagarpa, 2004).

Estrategia

La estrategia central en la implementación de esta estrategia fue incentivar con apoyos directos por unidad de superficie el cambio del cultivo de frijol hacia otras especies vegetales alternativas más rentables y sustentables, mediante el Programa de Apoyos Directos para la Conversión de Cultivos.

Instrumentación

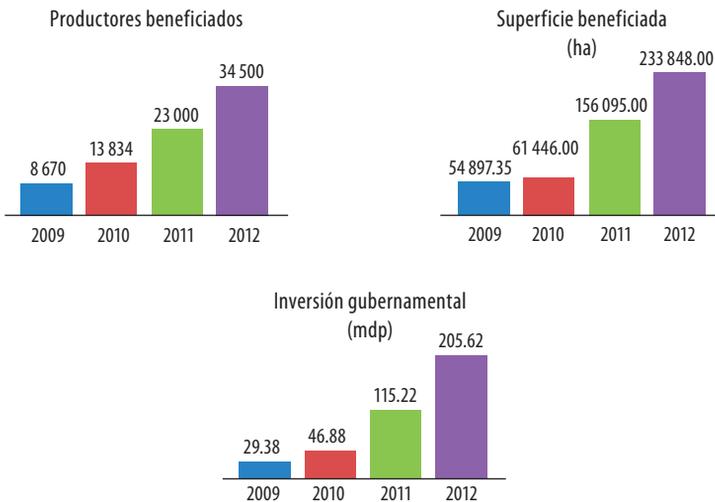
De ese año a la fecha (2012), los impactos generados en el ordenamiento de la siembra, cosecha y comercialización de frijol, que se ha reflejado en un mejor precio pagado a los productores; el aporte de forraje para la manutención de la ganadería reduciendo la presión por el sobrepastoreo en los agostaderos; el incremento de daño por efecto del cambio climático; la reducción en la pérdida de suelo por la erosión eólica e hídrica, entre otros aspectos, han permitido la permanencia de este Programa, así como el incremento de su cobertura en beneficio de un mayor número de productores (figura 5).

En complemento de tan trascendente estrategia, a partir del año 2012, el Gobierno del Estado, en seguimiento a

lo establecido en uno de los ejes rectores del Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016, reconociendo que la baja capacidad productiva de las áreas de temporal identificadas con producciones de autosubsistencia y en consecuencia con un escaso o nulo margen de retorno de la inversión realizada por los productores producto, ante la dependencia de las erráticas e insuficientes lluvias, cada vez más inconsistentes por efecto del cambio climático, aunado a la calidad de suelo en que se establecen los cultivos, día a día incrementan sus pérdidas, consideró improrrogable dar un paso más en el proceso en el cambio de uso del suelo.

Por ello, a partir del presente año, apoyándose en el estudio *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la*

Figura 5. Productores, superficie beneficiada e inversión gubernamental de 2009 a 2014 para el Programa de Reconversión Productiva



intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico (Echavarría *et al.*, 2009), desarrollado por connotados investigadores del Campo Agrícola Experimental de Calera, Zacatecas, del INIFAP, el Gobierno del Estado diseñó y puso en marcha el Proyecto Transversal, Regresión Productiva de Suelos Frágiles Dedicados Indebidamente a la Agricultura, hacia su Uso Pecuario y/o Forestal.

OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar acciones en pro del ordenamiento ecológico del territorio, que incidan en el mejoramiento, preservación y aprovechamiento eficiente de los recursos suelo y agua, mediante la regresión de zonas agrícolas poco productivas con alta sinies-tralidad, para su uso en la ganadería.

Los estudios articuladores del proyecto son: *Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas* del INIFAP (Medina *et al.*, 2003); *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico* (Echavarría *et al.*, 2009) del INIFAP; y Procampo, “Predios Bajo Proyecto Ecológico” (Sagarpa, Procampo, 2005).

Con el soporte de los documentos referidos, se evaluó la capacidad productiva de los suelos con fines agrícolas y pecuarios, a partir de la integración del subsistema natural (suelo, agua y vegetación), se clasificó las aptitudes productivas de los suelos que hoy en día se usan para las actividades agrícolas y ganaderas y se orientó cuál es el uso potencial adecuado con base en la característica de los mismos.

Con base en esta caracterización se determinó la clase y acciones tecnológicas recomendadas, misma que se enuncia en el cuadro 1:

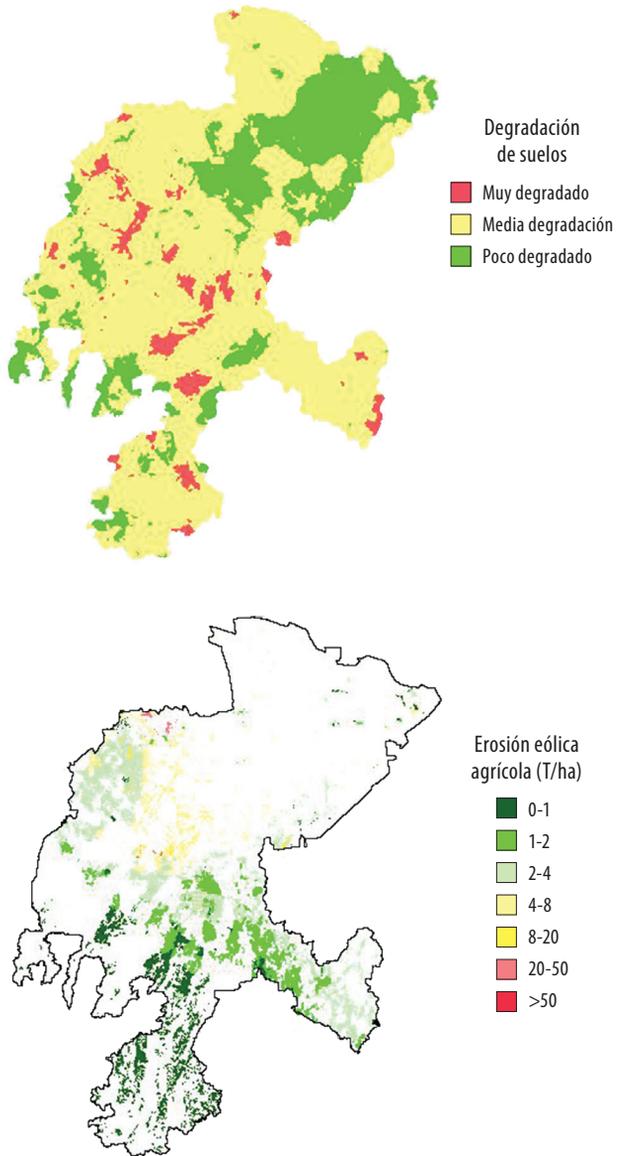
Cuadro 1. Clasificación de aptitud de suelo y las acciones tecnológicas recomendadas para el estado de Zacatecas

Clases y superficies	Características y acciones tecnológicas recomendadas
CLASE UNO: Superficie 145 629 ha	CARACTERÍSTICAS: Suelos que tienen propiedades para la actividad agrícola intensiva. No muestran limitantes. ACCIONES TECNOLÓGICAS: Conservación de los recursos naturales: reducir el consumo de agua en los cultivos, labranza de conservación y mejora de la fertilidad de los suelos
CLASE DOS: Superficie 577 629 ha	CARACTERÍSTICAS: Suelos con alguna o algunas limitaciones menores, se pueden obtener buenos rendimientos con un manejo tecnológico adecuado. ACCIONES TECNOLÓGICAS: Siembra de cultivos menos demandantes de los recursos del sistema y prácticas de manejo agronómico del suelo, como siembra de surcos al contorno y retención y conservación de humedad.
CLASE TRES: Superficie 236 877 ha	CARACTERÍSTICAS: Suelos que presentan limitantes: baja calidad de los suelos, aridez excesiva, pendientes moderadas, salinidad y sodicidad. ACCIONES TECNOLÓGICAS: Prácticas de recuperación como la siembra de cereales, establecimiento de arbustivas y reducción de labranza.
CLASE CUATRO: Superficie 205 018 ha	CARACTERÍSTICAS: Suelos con muy baja o nula aptitud. Estos suelos no se consideran con aptitud agrícola, deben ser usados para actividades pecuarias o de reconversión productiva ACCIONES TECNOLÓGICAS: Al igual que la clase tres, las prácticas apropiadas son aquellas que permitan el establecimiento de especies vegetales que proporcionen cobertura al suelo y la reconversión hacia actividades pecuarias.

Esta clasificación de calidades del suelo, sumada a la intervención del hombre mediante las prácticas y labores agropecuarias que de manera tradicional realiza, nos lleva a registrar un preocupante nivel de degradación (figura 6).

Por lo anterior, se determinó que el ámbito de atención del Proyecto de Regresión sean las 441 895 hectáreas identificadas como suelos clase 3 y 4, caracterizadas como suelos con

Figura 6. Degradación de suelos y erosión eólica en áreas agrícolas del estado de Zacatecas



limitantes de calidad de suelo, aridez excesiva, de baja o nula aptitud para la agricultura y con alta recurrencia de pérdida por sequía.

En éstas, las acciones de intervención tecnológica para retornarlas a su aptitud natural y uso antes de que se convirtieran en agrícolas, es decir, regresarla a uso con fines pecuarios, se consideran:

- Dejar de sembrar; excluir áreas compactas mediante cercos perimetrales; reducir su labranza; elaborar con el apoyo de Semarnat el Plan de Manejo de Tierras (PMT), plan que orientará la viabilidad de establecer arbustivas forrajeras, inducir pastos nativos para dar mayor cobertura vegetal, prácticas, labores o infraestructura para la preservación del suelo, el agua, etcétera.
- La base de operación para dar integralidad al proyecto se soporta en el Acuerdo Interinstitucional del Proyecto Transversal, consensado con la Sagarpa, la Comisión Nacional de Zonas Áridas, la Dirección Regional de Aserca, INIFAP Zacatecas, la Delegación de Semarnat, la Gerencia de Conafor en Zacatecas y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado.
- El apoyo a prestadores de servicio especializado para la elaboración, ejecución y evaluación del PMT; así como la organización y capacitación de los productores para dar mayor soporte de éxito al proyecto.
- Los beneficiarios con apoyo de los prestadores de servicio, establecerán un reglamento de uso y administración de los recursos naturales que genere el Proyecto en los predios incorporados en el Proyecto, con la aprobación de Sagarpa-Semarnat, Conafor y Sedagro.
- Los beneficiarios firman una carta compromiso de cumplimiento de los términos establecidos en el PMT, aceptando

que en caso de incumplimiento, se procederá a establecer el Procedimiento Administrativo de Cancelación del Registro en el Directorio del Procampo del predio de que se trate.

PRESUPUESTO ASIGNADO

Para el año 2012, se contó con un presupuesto de 70 millones de pesos con aportación paritaria de la Sagarpa a través de la Comisión Nacional de Zonas Áridas y del Gobierno del Estado, recursos que se aplicaron para otorgar en esta primera etapa del proyecto para los postes, el alambre, retenidas, anclaje, etcétera, para excluir el predio, así como para cubrir el costo de los honorarios de los prestadores de servicios para la elaboración, puesta en marcha y consolidación del proyecto.

A la fecha se trabaja en comunidades de los municipios de Villa de Cos, Cañitas de Felipe Pescador, Río Grande y Pinos, en las que en algunos casos como el de Estación la Colorada se ha inducido la siembra de pastos para iniciar la revegetación de los suelos para su uso pecuario en los próximos años.

COMENTARIO FINAL

La inducción de cambios en el patrón de cultivos, la modificación de la cultura productiva tradicional y nivel de edad de nuestros agricultores, su idiosincrasia y resistencia al cambio, el entendimiento de estas estrategias por la parte institucional, son elementos que nos hacen ver que el proceso será con un nivel de dificultad que implicará una adopción gradual de este proyecto.

No obstante, es una acción que debemos emprender hace ya un buen número de años; sin embargo, el no haberlo hecho

antes, no es razón para que no lo impulsemos y promovamos a partir de esta excelente estrategia que cuenta con soporte técnico, presupuestal y voluntad política para que los cambios trascendentes sucedan.

BIBLIOGRAFÍA

- ECHAVARRÍA, F. G., G. Medina, A. Rumayor, A. Serna, H. Salinas G., J. G. Bustamante (2009): *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico*. México-Calera (Zac.), INIFAP-Cirnoc-Cezac (Libro Técnico núm. 10), 186 pp.
- “La experiencia de aseguramiento en México”, en *Teorema Ambiental. Revista Técnico Ambiental* [en línea], 1 de septiembre de 2001. Disponible en: <<http://www.teorema.com.mx/legislacionambiental/la-experiencia-de-los-fondos-de-aseguramiento-en-mexico/>> [consulta: septiembre de 2012].
- MEDINA, G., A. Rumayor, B. Cabañas, M. Luna, J. A. Ruiz, C. Gallegos, J. Madero, J. R. Gutiérrez, S. Rubio, A. Bravo (2003): *Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas*, México-Calera (Zac.), INIFAP-Cirnoc-Cezac (Libro Técnico núm. 2), 157 pp.
- Sagarpa (2004): Programa de Reordenamiento de la Siembra y Comercialización de Frijol, México, Delegación Estatal de la Sagarpa, Subdelegación Agropecuaria.
- Sagarpa, Procampo (2005): *Predios Bajo Proyecto Ecológico. Procedimiento específico predios bajo proyecto ecológico*, Sagarpa, 37 pp.
- SHCP-Financiera Rural (2011). Financiamiento al Sector Rural. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Agosto de 2011. Disponible en: <http://www.shcp.gob.mx/ApartadosHaciendaParaTodos/banca_desarrollo/pdf/>

gustavo_merino_financiera_rural.pdf> [consulta: septiembre de 2012].

YÚNEZ NAUDE, A., y F. Barceinas (2000): “Efectos de la desaparición de la Conasupo en el comercio y en los precios de los cultivos básicos”, en *Estudios Económicos*, vol. 15, núm. 2, pp. 189-227.

CAPÍTULO 2

USO POTENCIAL DEL SUELO Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE CULTIVOS COMO HERRAMIENTAS PARA DIRECCIONAR LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA

*Francisco Echavarría Cháirez**
*Guillermo Medina García***

RESUMEN

Para identificar las áreas susceptibles de participar en un programa de reconversión, se clasificaron los suelos de acuerdo con el uso potencial o capacidad agrológica. Una vez clasificados, se identificaron aquellas especies vegetales que pudieran sustituir de manera exitosa a los anteriores cultivos establecidos en dichas áreas de bajo potencial; esto realizado por estudios de potencial productivo de cultivos. Las especies de sustitución podrían ser: pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*), pasto Navajita (*Bouteloua gracilis*), maguey forrajero (*Agave spp*) y costilla de vaca (*Atriplex canescens*).

* Director de Coordinación y Vinculación, INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <echavarría.francisco@inifap.gob.mx>.

**Potencial Productivo y Agrometeorología. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <medina.guillermo@inifap.gob.mx>.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable sólo es posible si sus objetivos se cumplen bajo el marco de la planeación de uso del territorio nacional. Los procesos productivos, económicos y sociales que se han llevado a cabo en el estado de Zacatecas, han conducido a este territorio a un deterioro continuo de los recursos naturales (Echavarría *et al.*, 2007), lo que en la actualidad se traduce en un decremento de la capacidad productiva y de la sostenibilidad de los ecosistemas (Jiménez y Lamo, 1998).

El término *desarrollo sustentable* se empezó a utilizar con frecuencia a partir de 1987 (WCED, 1987), cuando la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, en un informe conocido como *Nuestro futuro común*, lo definió como: “el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. En este concepto se integran las necesidades básicas de la presente generación, la capacidad de los sistemas naturales y las necesidades de las generaciones futuras. Una de las acciones asociadas al desarrollo sustentable es la reconversión.

La reconversión se refiere a la acción de cambiar la actividad productiva de áreas de baja aptitud productiva hacia una actividad de menor nivel extractivo, como en el caso de cambiar de la actividad agrícola hacia la pecuaria.

La intervención tecnológica necesaria para la reconversión deberá enfocarse a detener la degradación y, paulatinamente, una vez que se logra un mínimo de estabilidad en algunos indicadores, se puede iniciar la recuperación del terreno. Dichos indicadores son tres, los cuales están íntimamente relacionados, ya que determinan la calidad de cualquier terreno. El primero es la fertilidad del suelo, la cual en un suelo degradado se fue

disminuyendo, tanto por su limitada disponibilidad natural, como por el manejo tecnológico del mismo. El segundo es la capacidad de retención de humedad, la cual se ve disminuida, tanto por la pérdida de fertilidad expresada como pérdida de materia orgánica, como por efecto del tercer indicador, que es la erosión hídrica y eólica, la cual al provocar la disminución del perfil del suelo, provoca la disminución de la capacidad de almacenamiento de humedad. Si se reduce el efecto de cualquiera de los tres indicadores mencionados, se reflejará en los otros dos. La sostenibilidad física del recurso suelo dependerá de la disminución del impacto de cada uno de los tres indicadores mencionados.

MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES DE RECONVERSIÓN

La definición de la capacidad agrológica (también llamada *uso potencial* o *aptitud productiva*) parte del conocimiento teórico de las capacidades de que disponen los suelos de acuerdo con la clasificación de la FAO/UNESCO (1970) modificada por INEGI (1981). Las bases de datos utilizados para la definición de la capacidad agrológica fueron las siguientes:

- Carta edafológica escala 1:50,000, elaborado por Cetenal (1972). Las 120 cartas correspondientes al estado de Zacatecas fueron digitalizadas.
- Mapa de pendientes elaborado a partir del modelo de elevación digital desarrollado por INEGI a una escala de 1:250 000, con resolución de 180 x 180 m. La pendiente se expresó en grados y en porcentajes.
- Mapa de los climas de México, desarrollado por INIFAP (Medina, *et al.*, 1998), el cual consideró para su elaboración

la relación precipitación-evapotranspiración, lo que ayudó a determinar los periodos en que la humedad es deficitaria.

- Mapa de fases fisicoquímicas del suelo, elaborado a partir de información del INEGI, que muestra las principales limitantes físicas de los suelos, como pedregosidad en distintos grados (fase gravosa, fase pedregosa y fase lítica), presencia de caliche (fase petrocálcica), tepetate (fase dúrica) o yeso (fase petrogypsica). También señala las características químicas del suelo, como áreas salinas, salinosódicas o sódicas.
- Mapa de uso del suelo desarrollado por INEGI (2003) para delimitar las áreas de uso agrícola y pecuario.

En el cuadro 1 se presenta el diagrama de decisión para las áreas agrícolas. En él se muestran las características físicas y ambientales que idealmente debe reunir un suelo para pertenecer a las clases de capacidad agrológica correspondiente. A partir de esto, se identificaron los casos que cumplen con las características de cada clase, los cuales, una vez clasificados, son representados en mapas.

No todos los suelos encuentran clasificación bajo estos criterios generales, ya que hay combinaciones que quedan excluidas de esos criterios. Estos casos fueron asignados a la clase inmediata inferior.

Las unidades taxonómicas que maneja la clasificación FAO-UNESCO permiten la separación entre ellas al identificar atributos del suelo como profundidad, presencia de sales o sodio, textura, cantidad de materia orgánica, etcétera. Las fases físico-químicas proporcionan información relevante de los niveles de pedregosidad, presencia de condiciones salinas, sódicas o de yeso, tepetate o caliche, las cuales son limitantes para el desarrollo adecuado de las actividades agrícolas.

Cuadro 1. Árbol de decisiones para determinar la aptitud de suelos agrícolas

Criterios de decisión	Clase					
	Uno	Dos		Tres	Cuatro	
Tipo de suelo dominante	Castañozem	Acrisol	Rendzina	Planosol	Rendzina	Litosol
	Feozem	Andosol	Arenosol	Regosol	Arenosol	
	Vertisol	Nitosol		Yermosol		
		Cambisol		Solonetz		
		Xerosol		Histosol		
				Gleysol		
				Solonchak		
	Y	Y	Y	Y	Y	
Tipo de suelo co-dominante	Castañozem	Acrisol		Planosol	Rendzina	
	Feozem	Andosol		Regosol	Arenosol	
	Vertisol	Nitosol		Yermosol		
		Cambisol		Solonetz		
		Xerosol		Histosol		
		Vertisol		Gleysol		
		Feozem		Solonchak		
		Castañozem				
	Y	Y	Y	Y	0	
Pendiente*	0.0° - 6.0°	0.0° - 6.0°	0.0° - 6.0°		15° - 25°	> 25°
	Y	Y	Y	0	Y	0
Fases físicas y/o químicas	Sin fases,	Salina-sódica		Pedregosos		Lítica
	Gravosos	Dúrica		Salino-sódico		Petro-gypsica
		Petro-cálcica				
	Y	Y	0	Y	0	Y
Disponibilidad de humedad**	Ústico		Údico			
	Údico		Ústico			
			Xérico	Ácuico	Arido	

Fuente: Semarnap (2000).

* Se usaron valores límite de pendiente de 6° para clases 1 y 2.

** Basado en mapa de climas desarrollado por INIFAP (Medina *et al.*, 1998).

En lo que se refiere a las pendientes, se consideraron valores menores a 6°, como el mínimo aceptable para el desarrollo de actividades agrícolas. En este caso la metodología Semarnap (2000) utilizó como valores de pendiente de hasta 15° para seleccionar áreas de la clase 1 y 2 de los suelos agrícolas; sin embargo, para el presente estudio, se decidió utilizar los valores indicados, considerando éste como el límite para realizar labores agrícolas que no provoquen degradación del suelo.

Respecto al aspecto ambiental en que se desarrollaron y producen los suelos estudiados, se utilizó el mapa de climas, el cual proporcionó información sobre la cantidad de agua disponible para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos.

METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE ÁREAS POTENCIALES

Los parámetros edafoclimáticos utilizados para determinar el potencial productivo se derivaron del sistema de información ambiental digital del INIFAP, el cual proviene de un proceso de acopio, manejo, análisis e interpretación de datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y evaporación, correspondientes a estaciones meteorológicas de tipo ordinario pertenecientes a la red de estaciones de la Comisión Nacional del Agua en Zacatecas. Esta base de datos incluye información de 100 estaciones, referente al periodo 1961-2003. El sistema de información digital también incluye variables edáficas, de uso del suelo y topográficas a escala 1:250 000 del INEGI.

Dependiendo de la especie, algunos de los parámetros utilizados en el proceso de identificación de áreas potenciales fueron: temperatura máxima media anual, temperatura mínima media anual, temperatura media anual, temperatura media del ciclo

del cultivo, precipitación acumulada promedio anual, precipitación acumulada promedio para el periodo de cultivo, altitud, pendiente del terreno, tipo de suelo, textura y profundidad.

Para la elaboración de los mapas, primero se conjuntaron los requerimientos de las diferentes especies, los cuales fueron obtenidos de revisión bibliográfica, resultados de experimentos del INIFAP y de la experiencia de diversos investigadores. Estos requerimientos agroecológicos fueron descritos utilizando como guía el libro y la base de datos sobre requerimientos agroecológicos de cultivos del INIFAP (Ruiz *et al.*, 1999; Ruiz *et al.*, 2005). Una vez que se contó con un mínimo de requerimientos, se determinaron las áreas geográficas con diferente potencial.

El procedimiento de identificación de áreas potenciales para cultivos consistió en un análisis multicriterio llevado a cabo mediante el sistema de información geográfica (SIG) IDRISI (Eastman, 1999). Este análisis consistió en la comparación de los requerimientos clima-suelo de los cultivos contra las condiciones ambientales de la región de estudio (Medina *et al.*, 1997). A partir de las imágenes temáticas producidas, se generó la cartografía de cada una de ellas, exportando las imágenes y convirtiéndolas a vectores en formato *shapefile* con el SIG ArcView 3.2 (ESRI, 1999), los cuales se editaron para obtener los mapas temáticos.

Para cada especie, se obtuvo la imagen de las áreas con potencial, así como el número de hectáreas que representan. Para la elaboración de las fichas técnicas, se revisó la tecnología disponible en el INIFAP y se consultó con expertos a nivel estatal. Las especies consideradas en este estudio son ejemplos de especies nativas vegetales de gran capacidad de adaptación y desarrollo en sitios de baja aptitud.

Se separaron las clases 3 y 4 de aptitud productiva y se evaluó las especies vegetales siguientes:

- Pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*)
- Pasto Navajita (*Bouteloua gracilis*)
- Maguey forrajero (*Agave spp*)
- Costilla de vaca (*Atriplex canescens*)

Los mapas desplegados muestran la ubicación de los sitios de baja aptitud productiva y aquellas especies que pueden progresar bajo las condiciones de baja aptitud consideradas para ser reconvertidas.

RESULTADOS

Las clases y superficie de suelo agrícola resultantes en el estado de Zacatecas se describen a continuación; el mapa se presenta en la figura 1.

- Clase 1 (Superficie = 145 629 ha). Suelos con propiedades adecuadas para la actividad agrícola intensiva; no muestran ninguna limitante o éstas son de poca importancia.
- Clase 2 (Superficie = 577 174 ha). Suelos con alguna o algunas limitaciones menores, que hacen necesaria la aplicación de técnicas para el tratamiento del suelo. En general, pueden producir buenos rendimientos.
- Clase 3 (Superficie = 236 877 ha). Suelos con un mayor número de limitantes simultáneas (baja fertilidad, o aridez excesiva, pendientes moderadas, salinidad y/o sodicidad, etcétera). Es posible aprovecharlos para la agricultura.
- Clase 4 (Superficie = 205 018 ha). Suelos de muy baja o nula aptitud agrícola. Poseen una capa fértil muy delgada, inferior a 10 cm, o fases líticas, con alta pedregosidad superficial; pueden tener pendientes superiores a 25°, con gran susceptibilidad a la erosión hídrica.

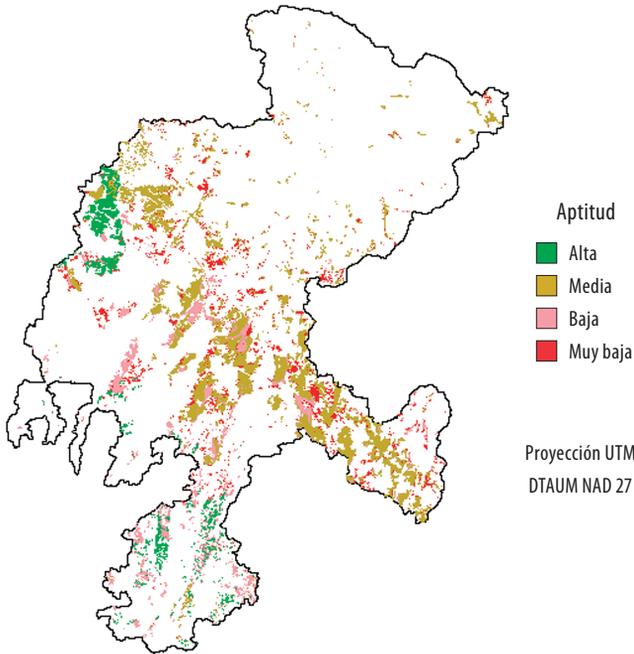
Asociación de la aptitud del suelo y acciones tecnológicas de uso sustentable

El cuadro 2 presenta el tipo de actividad productiva que debería asociarse a cada clase de aptitud productiva en suelos agrícolas. En el caso en que se realicen actividades que no corresponden al nivel de aptitud, se presentan las acciones de reconversión que pueden contribuir a lograr la productividad propia de cada nivel asignado. Las clases 3 y 4, que son las clases de menor aptitud, representan 441 895 ha en el estado y requieren de la reconversión. Sin embargo, la clase 3, que son 236 877 ha, se encuentra en un nivel de recuperación mayor que las correspondientes a la clase 4 (205 018 ha), las cuales presentan menor capacidad de recuperación. Las prácticas iniciales requieren del establecimiento de una mayor cobertura, la cual se pudiera lograr con la siembra de cereales, así como prácticas mecánicas que favorezcan la retención de humedad (pileteo), establecimiento de plantas arbustivas y reducción de la labranza. Un nivel avanzado de mayor cobertura vegetal involucraría el pastoreo ligero con pequeños rumiantes. La figura 1 muestra la distribución espacial del área agrícola en el estado de Zacatecas y su clasificación de aptitud productiva.

*Cuadro 2. Aptitud del suelo agrícola
asociado al manejo de reconversión*

Clasificación	Superficie	Características	Manejo sugerido
Clase 1	145 629	Agricultura intensiva	Cambio tecnológico, conservación
Clase 2	577 164	Suelos con limitaciones menores	Conversión de cultivos, retención de humedad
Clase 3	236 877	Limitaciones diversas, uso condicionado	Reconversión productiva
Clase 4	205 018	Baja o nula aptitud	Reconversión productiva, recuperación de zonas degradadas

Figura 1. Mapa de aptitud del suelo en áreas de uso agrícola del estado de Zacatecas



Fuente: Echavarría *et al.*, 2009.

Una vez clasificada la aptitud del suelo, se procede a separar las clases 3 y 4, las cuales representan en el estado de Zacatecas, una superficie de 441 895 hectáreas. La figura 2 muestra dichas áreas distribuidas en el estado.

Las superficies así seleccionadas se probaron su capacidad para desarrollar especies nativas que contribuyan a conservar la humedad y reducir la pérdida de suelo por erosión. Dichas especies son el pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) (figura 3), el pasto Navajita (*Bouteloua gracilis*) (figura 4), el maguey forrajero (*Agave spp*) (figura 5) y la costilla de vaca (*Atriplex canescens*) (figura 6).

Figura 2. Clases de suelo de baja aptitud (clase 3) y muy baja aptitud (clase 4) en el estado de Zacatecas

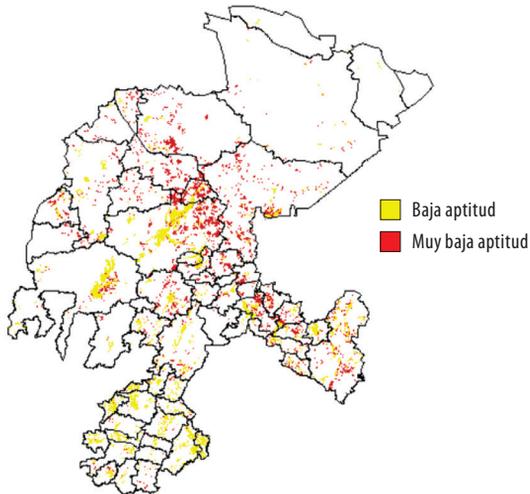


Figura 3. Distribución del potencial productivo del pasto Banderita en suelos de clase 3 y 4

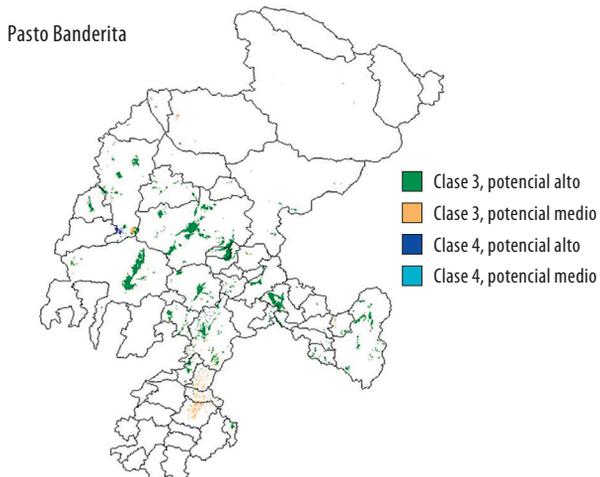


Figura 4. Distribución del potencial productivo del pasto Navajita en suelos de clase 3 y 4

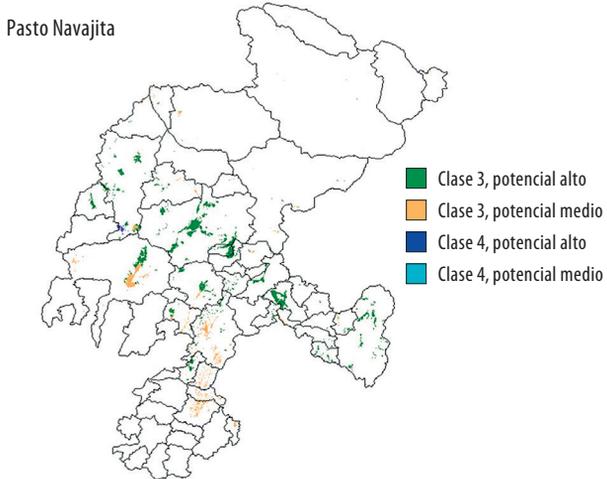


Figura 5. Distribución del potencial productivo del maguey forrajero en suelos de clase 3 y 4

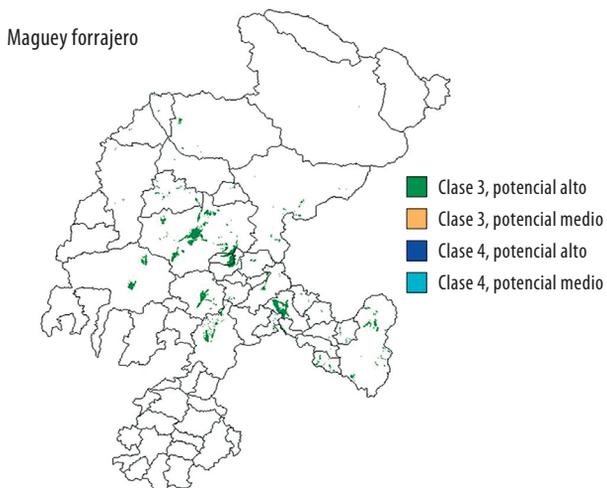
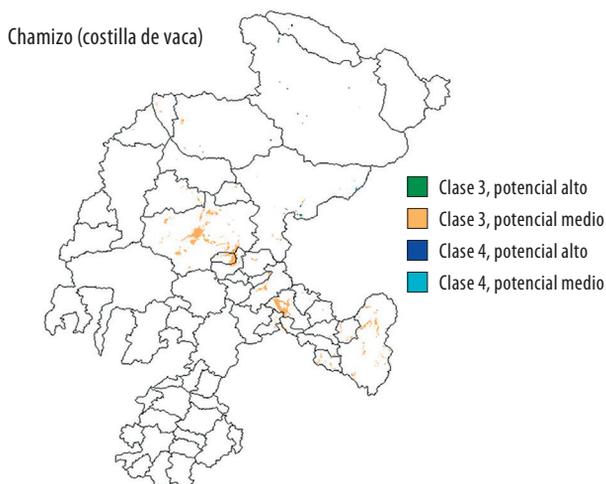


Figura 6. Distribución del potencial productivo de la costilla de vaca en suelos de clase 3 y 4



Como se puede apreciar en las figuras 3, 4, 5 y 6, el comportamiento de cada especie varía de acuerdo con la condición de cada sitio, así como la disponibilidad de humedad y limitantes de cada cultivo. Esto muestra la necesidad de contar con un soporte básico (aptitud productiva y potencial productivo de cultivos) que oriente sobre la manera de direccionar la intervención tecnológica para realizar la reconversión del suelo y lograr que el cambio de suelo permita la recuperación paulatina de la cobertura vegetal, la captación de humedad y la reducción de la erosión hídrica y eólica. Estas acciones requieren la acción coordinada de diversas instituciones de apoyo (Sedagro, Conafor, Sagarpa y Aserca), así como de investigación (INIFAP, UAZ, etcétera).

BIBLIOGRAFÍA

- Cetenal (Comisión de Estudios para el Territorio Nacional) (1973): Carta edafológica. Escala 1:50,000, Secretaría de la Presidencia, Boletín especial, México.
- MEDINA, G., J. A. Ruiz, R. A. Martínez y M. Ortiz (1997): "Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales", en *Agricultura Técnica en México*, vol. 23, núm. 1, pp. 69-90.
- EASTMAN, J. R. (1999): IDRISI32 Ver 2.0: Guide to GIS and image processing, Worcester, Clark Labs, Clark University.
- ECHAVARRÍA, F. G., A. Serna y R. Bañuelos V. (2007): "Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo", en *Técnica Pecuaria en México*, vol. 45, núm. 2, pp. 177-194.
- ECHAVARRÍA, F. G., G. Medina, A. Rumayor, A. Serna, H. Salinas y J. G. Bustamante (2009): *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico*, México/Calera (Zac.), INIFAP-Cirnoc-Cezac (Libro Técnico núm. 10), 186 pp.
- ESRI (1999): *ArcView GIS, Using ArcView GIS*, Redlands, Environmental Systems Research Institute Inc., 340 pp.
- JIMÉNEZ, R. M., y J. Lamo de E. (1998): *Agricultura sostenible*, Madrid, Mundi Prensa, 616 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1981): *Guías para la interpretación de cartografía. Edafología*, Aguascalientes, INEGI, 48 pp.
- MEDINA, G., J. A. Ruiz y R. A. Martínez (1998): *Los climas de México: Una estratificación ambiental basada en el componente climático*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro (Libro Técnico núm. 1), 104 pp.

RUIZ, J. A., G. Medina, I. J. González, C. Ortiz, H. E. Flores, R. A. Martínez y K. F. Bierly (1999): *Requerimientos agroecológicos de cultivos*, Guadalajara, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco (Libro Técnico núm. 3), Conexión Gráfica, 324 pp.

Semarnap (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2000): *Ordenamiento ecológico general del territorio. Memoria Técnica 1995-2000*, México, Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, Dirección de Ordenamiento General del Territorio, 540 pp.

WCED (World Commission on Environment and Development) (1987): *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press, 400 pp.

CAPÍTULO 3
SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE FORRAJES
DE TEMPORAL, UNA OPCIÓN PARA
LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA

Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

Alfonso Serna Pérez²

Manuel de Jesús Flores Nájera³

Guillermo Medina García⁴

Ramón Gutiérrez Luna⁵

Homero Salinas González⁶

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la reconversión de suelos degradados por el uso de una combinación de cultivos

¹ Director de Coordinación y Vinculación, INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <echavarría.francisco@inifap.gob.mx>.

² Programa de Fertilidad de suelos y nutrición vegetal, INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <serna.alfonso@inifap.gob.mx>.

³ Programa de Carne de Rumiantes. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <flores.manuel@inifap.gob.mx>.

⁴ Investigador. Programa de Agrometeorología y Modelaje, INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <medina.guillermo@inifap.gob.mx>.

⁵ Investigador. Programa de Pastizales y Cultivos Forrajeros, INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <gutierrez.ramon@inifap.gob.mx>.

⁶ Director regional Norte Centro, INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdez #1200 Pte., Matamoros, Coah., México. C.P. 27440; e-mail: <salinas.homero@inifap.gob.mx>.

anuales como maíz y cereales, con matorrales y nopales establecidos en franjas a nivel que fueron divididas con bordos antierosivos, como medio para reducir erosión, incrementar el almacenamiento de humedad en el suelo y asegurar la producción anual de forrajes bajo condiciones de temporal, con lo que se convierte en una opción para la reconversión productiva de áreas degradadas. El sistema de producción de forraje está basado en 10 hectáreas de superficie de temporal, donde franjas al contorno fueron sembradas con cultivos anuales y en la parte alta de los bordos se plantaron arbustos y variedades de nopal, con lo que se estabiliza y contribuye a reducir la erosión hídrica, además de apoyar la disponibilidad de forraje para los rumiantes, a través del pastoreo, en la temporada de invierno-primavera. Se realizaron mediciones de erosión y escurrimiento. Los cultivos asociados establecidos en franjas al contorno redujeron la erosión hídrica y el escurrimiento ($P < 0.05$) en 50 por ciento y 70 por ciento respectivamente, comparados con un suelo bajo laboreo continuo. Como consecuencia, el almacenamiento de humedad en el suelo fue de 23 a 35 por ciento (con base en volumen) más alto que el obtenido bajo el manejo convencional de suelo, lo que representa un volumen de agua extra para la producción de grano y forraje en temporal. Además, se estimó el número de cabras que pueden ser alimentadas por el forraje producido en una superficie de 10 hectáreas. Los valores van desde 85.6 cabras ha^{-1} en un año con precipitación mayor a la media, hasta 15 cabras ha^{-1} en años secos, con un promedio de 42.4 cabras ha^{-1} en cinco años de estudio. El establecimiento de matorrales como el *Atriplex canescens* permite sostener hasta 2.8 cabras ha^{-1} adicionales al forraje producido por cultivos anuales y su consumo induce una ganancia diaria de peso de 100 gr $día^{-1}$.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas de México, los sistemas mixtos de producción caprina, es decir, aquellos en donde los animales son alimentados a partir de cultivos forrajeros y/o excedentes de cosecha, así como del pastoreo directo en las áreas de agostadero, contribuyen a la supervivencia de los productores de bajos ingresos, ya que los proveen de alimento (carne o leche) e ingresos (FIRA, 1999).

Una característica de estos sistemas es que están limitados por una baja acumulación anual de lluvia, menos de 400 mm, lo que reduce la productividad de los cultivos y la disponibilidad de forraje. Además, en estos sistemas de producción se usan prácticas de manejo inapropiadas, lo que trae como consecuencia una menor salud de los animales, así como bajos niveles reproductivos, menor crecimiento de las cabras de remplazo y finalmente un limitado acceso a los mercados en expansión (Aréchiga *et al.*, 2008).

En general, en estas zonas los sistemas de producción son de tamaño pequeño, semiextensivos, y están basados en el pastoreo continuo de los agostaderos, es decir, no existen restricciones de uso, por lo que los suelos se están degradando continuamente debido al sobrepastoreo (Echavarría-Chairez *et al.*, 2010). Esto ha provocado que para complementar la alimentación de los hatos caprinos se utilicen cada vez más los residuos de todas las cosechas agrícolas disponibles (Salinas *et al.*, 1991 y 1999).

La producción de forrajes durante la estación lluviosa puede ser una alternativa viable para mejorar la productividad caprina y promover la recuperación de la cobertura vegetal en las áreas de agostadero. Generalmente, los criadores de cabras del centro del estado de Zacatecas, además de los agostaderos comunales, poseen tierras dedicadas a la producción agrícola

de temporal cuya dotación es de alrededor de 10 hectáreas por caprinocultor. Estos terrenos son cultivados en condiciones de monocultivo, casi siempre con frijol o maíz, y los residuos de cosecha se pastorean durante el periodo invierno-primavera, lo que contribuye a la disminución de la materia orgánica del suelo y la pérdida de la fertilidad natural. Debido a esta condición de degradación, muchas áreas agrícolas han perdido su potencial productivo y debido a su alta siniestralidad son consideradas dentro de los programas de reconversión productiva, para revertir a largo plazo los niveles de degradación.

Por lo anterior, los dueños de terrenos degradados podrían beneficiarse mediante un sistema de producción de forrajes basado en la producción de plantas de diferentes tipos como avena, cebada, maíz, trigo y frijol, además del establecimiento de matorrales con características de adaptación a baja disponibilidad de humedad y baja fertilidad. Para su establecimiento se sugiere el uso de surcos al contorno o a nivel para incrementar la captación de la lluvia y en varias porciones de terreno separadas por bordos a nivel en donde se produzcan además arbustos y cactáceas para complementar la dieta de las cabras e incrementar la capacidad del terreno para sostener la producción animal.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP), ubicado en los 22°54' de latitud norte y 102°39' de longitud oeste y 2197 msnm, con una temperatura media anual de 14.6°C y precipitación media anual de 416 mm, la cual se presenta en mayor proporción en verano (junio a septiembre). El suelo del área de estudio es clasificado como Kastañozem (WRB, 2006), con un pH de 7.5, 1.26 por ciento de materia orgánica y textura franco arenosa.

Superficie agrícola. El estudio se estableció en una superficie de 10 ha dividida en franjas trazadas al contorno de 4.56 m (6 surcos de 0.76 m) de ancho y longitud promedio de 300 metros. Utilizando una base forrajera de cultivos anuales (maíz, avena, cebada), matorrales diversos (chamizo, sotol) y variedades de nopal forrajero (Aguascalientes, Pabellón, T. Calera, Amarilla lisa, Rosalito 3, 3P, PT y F.C.). Los matorrales y cactáceas plantados sobre bordos antierosivos contribuyen a reducir la erosión hídrica y apoyan la alimentación de caprinos, mediante el pastoreo en épocas de invierno (Serna y Echavarría, 2002; Echavarría *et al.*, 2006).

Evaluación agrícola. Los matorrales y nopaleras representan alrededor de 7 000 plantas en 10 ha, las cuales fueron establecidas en 2007. La materia seca producida por todas las especies fue muestreada antes de cosecha para determinar materia seca (MS) y proteína cruda (PC) siguiendo el protocolo establecido por la AOAC (1990). En el caso de cultivos anuales se tomaron 4 muestras de 5 m por ha de cultivo/año y en los matorrales sólo se estimó la producción de materia seca a partir de un modelo geométrico (Echavarría *et al.*, 2009) partiendo de un muestreo de 75 plantas preseleccionadas desde el año 2008 y medidas en su altura y diámetros transversales de cobertura aérea.

Como un componente adicional al sistema de producción de forrajes, se realizó la conservación de forraje a través de ensilaje, empaclado y distribución de forraje molido.

Carga animal. La cantidad de materia seca y proteína cruda determinada en los cultivos anuales se utilizó para estimar el número de cabras que pueden ser sostenidas en una superficie de 10 hectáreas. Para efectuar esta estimación, se apoyó en la tabla de requerimientos nutricionales para cabras lecheras y de carne (NRC, 2007). Se utilizó el ejemplo de una cabra lechera de 50 kg de peso vivo, en lactancia temprana y

amamantando una cría cuyo consumo de leche fluctúa entre 0.88 y 1.61 kilogramos. Las necesidades nutricionales por cabra por día en esta etapa son de 1.73 kg de MS, 3.31 Mcal de energía metabolizable y 191 g de proteína cruda.

Indicadores del suelo. Tanto en el sistema de producción de forrajes como en el testigo se determinó el contenido de humedad en el suelo cada semana después de establecer los cultivos. La erosión hídrica fue evaluada en parcelas de escurrimiento de 3x22 m; tres fueron establecidas en condición de barbecho continuo, sin siembra, para medir la erosión potencial y tres fueron establecidas dentro de las áreas agrícolas para determinar la erosión real. Los escurrimientos y sedimentos arrastrados fueron colectados en tanques metálicos para su análisis (Wischmeier and Smith, 1978). La lluvia fue colectada y medida en tres pluviómetros distribuidos en el área de estudio. La lluvia (mm) y los escurrimientos ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) fueron registrados en cada evento de precipitación. La erosión (g l^{-1}) se estimó en laboratorio a partir de una muestra o alícuota por parcela de escurrimiento. Los sedimentos fueron separados con filtro de papel Whatman número 2, secados hasta peso constante y reportados en kg ha^{-1} por evento. Posteriormente, los datos de lluvia, escurrimiento y erosión fueron acumulados para cada año de evaluación. Las tres variables se registraron de 2008 a 2012.

Análisis estadístico. Los datos de erosión hídrica fueron comparados entre erosión potencial y la erosión medida en surcos al contorno por medio de un análisis de varianza (SAS, 2009). Para facilitar la comparación, los datos fueron transformados a logaritmos naturales (Giordanengo *et al.*, 2003). Asimismo, un análisis de varianza se realizó con los datos de escurrimientos.

RESULTADOS

Erosión hídrica y humedad del suelo

Los cultivos asociados que se establecieron en las fajas o curvas de nivel (CCN) redujeron ($P < 0.05$) la erosión hídrica en más del 60 por ciento y el escurrimiento en 65 por ciento, en comparación con datos obtenidos en suelo bajo barbecho continuo (Erosión Potencial; cuadro 1). Como resultado, el almacenamiento de humedad del suelo fue de 23 a 35 por ciento (con base en volumen) más alto que el obtenido bajo el manejo convencional del suelo (figuras 1 y 2), el cual es un volumen extra de agua para la producción de grano y forraje bajo condiciones de temporal (Salinas, 1995; López *et al.*, 2008).

Considerando el incremento en almacenamiento de humedad de suelo, el sistema de producción de forrajes propuesto es una alternativa viable para condiciones semiáridas como la parte central de Zacatecas, en donde el promedio anual de lluvia es ≥ 400 mm y los suelos presentan condiciones de erosión y degradación debido al monocultivo y sobrepastoreo.

Figura 1. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2007 bajo manejo convencional (T) y curvas a nivel (C) en el estrato de 0-15 cm

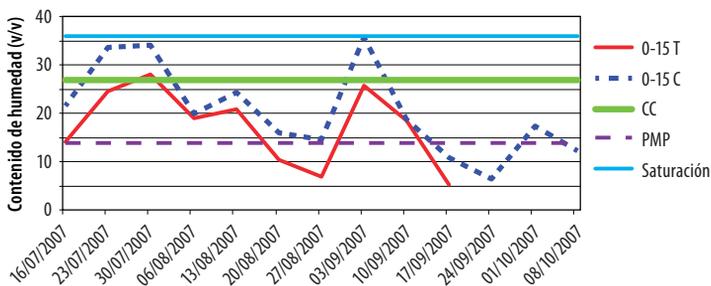
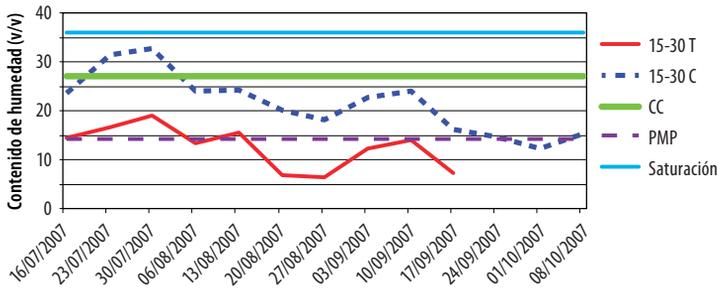


Figura 2. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2007 bajo manejo convencional (T) y curvas a nivel (C) en el estrato de 15-30 cm



Los totales anuales de lluvia variaron entre los años estudiados. Durante 2008 la lluvia total fue de 410.6 mm y durante 2009 sólo se obtuvieron 330.2 mm. En 2010 la precipitación total anual fue de 388 mm, 236 mm en 2011, y en 2012 el total anual fue de 239.8 milímetros.

Sin embargo, si se analiza la precipitación ocurrida durante la estación de crecimiento (el periodo desde el establecimiento del cultivo a la cosecha), de 2008 a 2012, las precipitaciones medidas en el sitio de estudio se presentaron en forma descendente y fueron desde 358, 277, 243, 196 a 166 mm de lluvia en 2012. En los datos se observa un patrón descendente en las precipitaciones, lo cual es típico de la región semiárida del centro-norte de México. Bajo estas condiciones, el reto es producir forraje a pesar de la disminución en cantidad y cambios en la distribución de la lluvia.

Producción de forraje

La reducción paulatina de la precipitación anual redujo los rendimientos de los cultivos anuales de manera proporcional. El cuadro 2 muestra las diferencias de rendimiento entre los cinco

años. En los años 2009 y 2010 del estudio sólo se produjo un tercio del forraje obtenido en 2008 (cuadro 2). Esta diferencia sugiere que la producción de cultivos de temporal representa un riesgo, por lo que la baja disponibilidad de forraje en años secos conduce al pastoreo de los agostaderos, a disponer de lo almacenado y en ocasiones a comprar forrajes para completar los requerimientos de materia seca (MS) del hato de cabras (Salinas *et al.*, 1999), ya que la suplementación nutricional es necesaria para mejorar la función reproductiva (Flores-Nájera *et al.*, 2010).

Los efectos de la sequía en años como 2009 y 2010 podrían ser mitigados mediante un sistema de producción que permita el almacenamiento de humedad suficiente para resistir la distribución irregular de la lluvia.

Las figuras del 3 al 7 muestran la humedad almacenada en el suelo entre los límites de humedad aprovechable definidos por la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento permanente bajo curvas a nivel (PMP).

Cuadro 1. Valores de erosión hídrica ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) y escurrimiento ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) para una condición de suelo desnudo (potencial) y cultivos asociados establecidos en curvas a nivel (CCN)

Año	Erosión ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)		Escurrecimiento ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)	
	Potencial	CCN	Potencial	CCN
2008	3236.5 ^a	1376 ^b	945.0 ^a	266.0 ^b
2009	1732.3 ^a	605.4 ^b	440.0 ^a	112.2 ^b
2010	1995.6 ^a	164.4 ^b	522.2 ^a	97.6 ^b
2011	6241.1 ^a	1411.0 ^b	596.8 ^a	441.2 ^b
2012	3043.3 ^a	777.3 ^b	1101.2 ^a	84.3 ^b

^{ab} para erosión y escurrimiento; valores promedio entre columnas seguidas por literales indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Rendimientos de cultivos anuales asociados en surcos al contorno en los años de 2008 a 2012 y número de cabras que es posible alimentar con el forraje producido

Cultivos asociados	MS (kg ha⁻¹)	Área cultivada (ha)	Número de cabras alimentadas por forraje producido
Año 2008 con 358 mm de lluvia*			
Maíz	8805.0	4.1	57.1
Avena	4280.0	2.5	16.9
Cebada	5005.0	1.5	11.8
<i>Atriplex c.</i>	718.3	1000 pl	1.1
Subtotal		8.1	87.1
Año 2009 con 277 mm de lluvia			
Maíz	3478	5.5	30.2
Avena	650	3.0	3.0
Cebada	753	1.5	1.7
<i>Atriplex c.</i>	1584	1000 pl	2.4
Subtotal		10	37.5
Año 2010 con 243 mm de lluvia			
Maíz	3759	7.0	41.6
Avena	1632	3.0	7.7
<i>Atriplex c.</i>	1592	1000 pl	2.4
Subtotal		10	51.8
Año 2011 con 198 mm de lluvia			
Maíz	1920	3.0	9.1
Avena	328	7.0	3.6
<i>Atriplex c.</i>	1670	1000 pl	2.6
Subtotal		10	15.3
Año 2012 con 166 mm de lluvia			
Maíz	2271	6.0	21.5
Avena	Pastoreo directo	4.0	n.d.
<i>Atriplex c.</i>	1800	1000 pl	2.8
Subtotal		10	24.3
Promedio de capacidad de carga anual			47.9

* mm de lluvia exclusivamente durante la estación de crecimiento.

Figura 3. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2008, bajo curvas a nivel

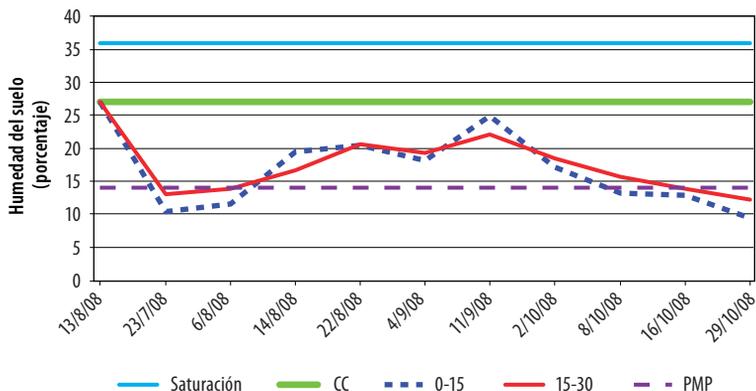


Figura 4. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2009, bajo curvas a nivel

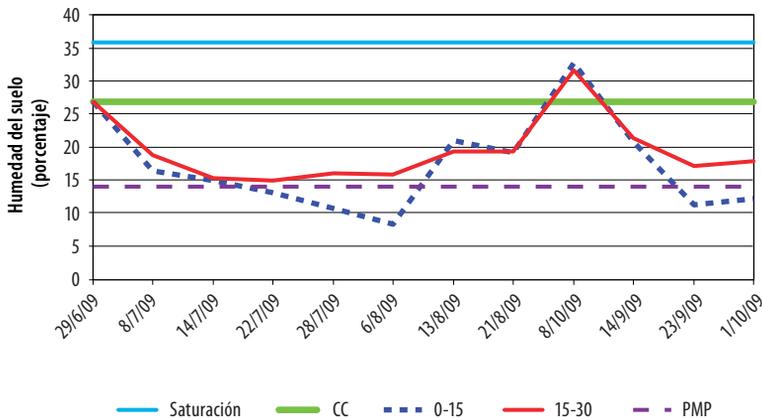


Figura 5. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2010, bajo curvas a nivel

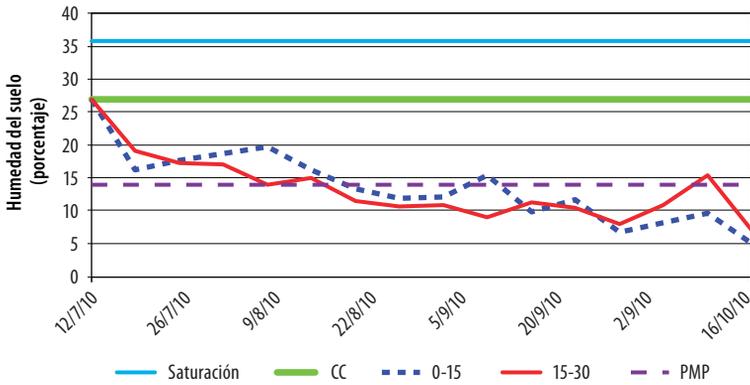


Figura 6. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2011, bajo curvas a nivel

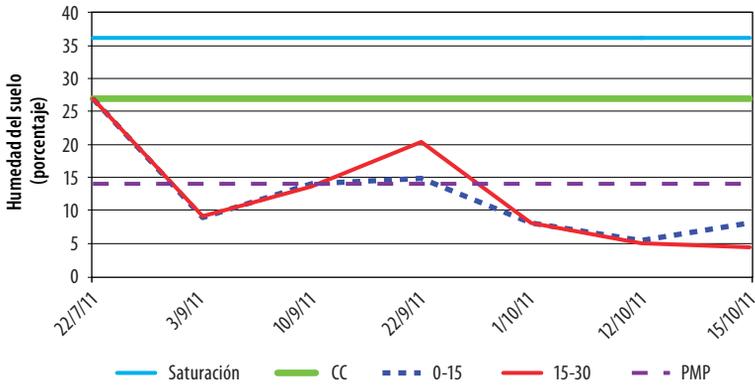
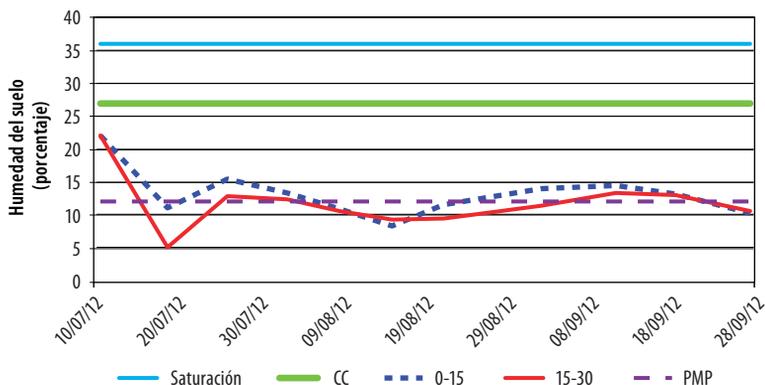


Figura 7. Contenido de humedad en el suelo entre los límites de humedad aprovechable en la estación de crecimiento del año 2012, bajo curvas a nivel



Para el año de 2008, la figura 3 muestra el mayor número de días con humedad por arriba del PMP a lo largo del ciclo (y de todos los cinco años estudiados), lo que puede explicar la mayor producción de materia seca en ese año. En cambio, de 2009 a 2012 (figuras 4 al 7), el número de días por encima del PMP fueron disminuyendo, llegando incluso a niveles extremos en 2011, lo cual impactó negativamente en el rendimiento.

El manejo del suelo mediante el uso de surcado al contorno en fajas y con bordos antierosivos mantuvo la humedad en el suelo a pesar de la escasa precipitación. Tal condición de escasez y mala distribución de la precipitación, no impidió que se mantuviera la producción de rastrojo y grano de maíz, así como de avena y forraje.

A pesar del bajo contenido de humedad en el suelo mostrado en la figura 5 para el año 2010, se obtuvo un rendimiento de 3.7 ton MS ha⁻¹, el cual es un promedio típico de producción

de maíz de temporal para una estación de crecimiento con 300 mm de precipitación en Zacatecas. Sin embargo, la producción forrajera de temporal no es suficiente para sostener un sistema de producción caprina, a menos de que se incluyan cultivos perennes para cubrir los déficits alimenticios en años secos (Devendra, 2007).

En la figura 6 se muestra el comportamiento del contenido de humedad en el año 2011. Se aprecia que los cultivos de maíz y avena fueron afectados por la escasez de humedad durante todo el ciclo. Las siembras que se realizaron el 22 de julio no recibieron humedad nuevamente sino hasta el 3 de septiembre (43 días después). Aun así, las lluvias recibidas no fueron suficientes y sólo se alcanzó un nivel aceptable de humedad hasta el 22 de septiembre, para después caer y no recibir más humedad en el resto del ciclo. De allí que los rendimientos observados fueron los más bajos del periodo estudiado (1 920 kg MS ha⁻¹ y 2 300 kg ha⁻¹ de maíz y avena, respectivamente). La suma de precipitación durante el ciclo de cultivo fue de 198 mm y comprendió de la tercera decena de julio a la segunda decena de octubre.

Una disminución en cantidad de lluvia, aún mayor que la observada en 2011, fue la que se presentó en 2012. Sin embargo, en este año, la mejor distribución de 166 mm obtenidos durante la estación de crecimiento, permitió una producción de forraje mayor que en 2011. Otra vez resalta la capacidad del manejo del suelo como la actividad tecnológica clave para la conservación de humedad (figura 7) y la producción de forraje.

En todos los años se produjo casi el doble de materia seca de maíz que la producida por los cultivos de avena y cebada. Sin embargo, la proteína (PC) producida por los cereales fue más alta (9.4 por ciento y 9.1 por ciento de PC para avena y cebada, respectivamente) que la producida por el maíz (7.4 por ciento de PC).

La asociación de cultivos del sistema de producción evaluada está diseñada para mantener la producción de forraje verde durante el año. Por esta razón se incluyó el chamizo (*Atriplex canescens*), que representa una opción para la producción forrajera y para la reconversión productiva. La producción de forraje va desde 0.244 a 1.24 ton ha⁻¹ por 1 000 plantas en condiciones de agostadero y agrícola, respectivamente (Echavarría *et al.*, 2009). En mediciones realizadas en el sitio de estudio, se ha determinado que la producción del chamizo puede ser de hasta 1.8 kg de MS en un arbusto de 1.25 m de altura y 1.7 m de diámetro. Por lo que a una densidad de 1 000 arbustos ha⁻¹ conduce a un rendimiento de 1.8 toneladas de materia seca ha⁻¹año⁻¹ en un año con buenas condiciones de humedad pluvial (Echavarría *et al.*, 2009). Otras opciones son la producción de nopal forrajero (*Opuntia Sp*) y sotol (*Dasylirium Sp*), las cuales, además de servir para el consumo directo, actúan como muros vivos para reducir la erosión eólica.

Los arbustos y nopales forrajeros permiten un sistema más productivo y una mayor protección al ambiente, especialmente en años secos. En sotol se han reportado valores 5 por ciento de PC y 26.3 por ciento de MS, y en *Opuntia Sp* de 7.3 - 11.5 por ciento de MS y 3.2 por ciento de PC (Robles, 2011). Por otra parte, en *Atriplex canescens* se han reportado valores que fluctúan desde 16 a 20 por ciento de PC (Romero-Paredes y Ramírez, 2003; Urrutia *et al.*, 2007). Considerando un valor promedio de 18 por ciento, en 1.8 ton ha⁻¹ de MS se tendrán 324 kg PC ha⁻¹. Dicha producción puede obtenerse en 1 000 plantas, las cuales a su vez, se pueden establecer en 30 bordos de 100 m con una separación de 3 m entre plantas.

Este sistema de reconversión también provee una oportunidad para reducir la presión de pastoreo de la vegetación natural, considerando que ha sido estimado que el agostadero cubre alrededor del 60 por ciento del total de los requerimientos de

forraje de los pequeños rumiantes (Devendra *et al.*, 2000). Mientras más caprinocultores reduzcan el pastoreo extensivo y continuo del agostadero (sobrepastoreo), la degradación de la cubierta vegetal y de suelo podrá ser detenida (Devendra, 2010).

Conservación de forrajes

Las estrategias para la conservación y suplementación de un ható caprino consistieron en preparar ensilaje de maíz, empaque y molido de cereales como la avena y la cebada y pastoreo directo. El consumo de silo de maíz por parte de las cabras en el año 2009 fue de 5 645 kg en 194 días, lo que representó 29.10 kg por día, aproximadamente un kilo diario por vientre. Además se proporcionó forraje seco diverso y pastoreo directo de chamizo y otros materiales vegetativos, por lo que en promedio se pueden cubrir las necesidades alimenticias diarias.

Número de cabras susceptibles de alimentarse

El número de cabras susceptible de ser mantenido en 10 ha con la producción forrajera de temporal de un año como 2008 (363 mm de lluvia) asumiendo un consumo de 1.73 kg de MS (requerimientos de mantenimiento) con un promedio de 8.6 por ciento de proteína cruda (PC), que proviene de una combinación de maíz ensilado (mayor porcentaje), avena y cebada (empacadas y molidas), fue de 84.5 cabras sin incluir el forraje obtenido del pastoreo directo de matorrales.

Sin embargo, en años como 2009 y 2010, los rendimientos de MS disminuyeron y así también el número de cabras capaces de ser sostenidas por una parcela de 10 hectáreas. En el cuadro 2 se aprecia que el número de cabras que pueden ser sostenidas con la producción de 2009 y 2010 es de 34.4 y 48.5, respectivamente. Pero bajo condiciones aún más extremas como las del año 2011, sólo se pueden mantener 12.4 cabras. Por otro

lado, valorando el aporte que significa el consumo de matorrales que constituye un banco de proteína disponible para usarse durante el ciclo invierno-primavera, es posible mantener hasta 2.8 cabras más, consumiendo el forraje de chamizo estimado en 1.8 ton ha⁻¹ (asumiendo una dieta de mantenimiento basado en el forraje de productos agrícolas). Además, al evaluar la ganancia de peso en los meses de invierno con pastoreo exclusivo de *Atriplex canescens*, tiene un incremento de peso de 100 gr día⁻¹ en cabritos, contra 80 gramos diarios cuando son alimentados con forrajes como avena.

Lo anterior indica la necesidad de mantener sistemas de producción mixtos, que son el uso combinado del agostadero y la producción forrajera. De esta forma, en años de mayor productividad forrajera, se almacena el producto y se reduce el pastoreo del agostadero, reduciendo la presión y permitiendo su recuperación.

Mientras que en años de menor productividad, se utilizará el forraje almacenado y el producido anualmente, se realizará el pastoreo directamente en parcelas y se apoyará en un agostadero recuperado.

La aportación de arbustos forrajeros endémicos de las regiones áridas y semiáridas del país, representa una oportunidad que contribuye a disminuir la dificultad de producción de forrajes con mayor contenido de proteína. Las opciones se encuentran en arbustos como la “engordacabra” (*Dalea bicolor*), “mariola” (*Parthenium incanum*), “cactaceas” (*Opuntia spp*), y el chamizo (*Atriplex canescens*).

Con esta última especie, la alimentación del ganado caprino podrá verse favorecida, al incrementar la disponibilidad de forraje de buena calidad, con más del 16 por ciento de proteína y una digestibilidad media del 65 por ciento. Lo anterior puede mejorar la condición de las cabras, lo que repercutirá en mayores tasas de gestación, parición y destete.

Un sistema de pastoreo mixto con producción de forraje de temporal puede ser aplicado en más de 500 mil hectáreas del semiárido en Zacatecas y en general en todas las zonas áridas y semiáridas del desierto chihuahuense. Además del descanso que significa disminuir el pastoreo en otoño-invierno (al trasladar los animales a las parcelas), el manejo aquí presentado representa una opción de reconversión productiva para suelos degradados o de baja aptitud, con la que es posible recuperar, en el mediano plazo, la capacidad productiva de las tierras.

En términos generales, la cantidad de forraje producido por el chamizo sería suficiente para alimentar 2.8 cabras más al año (si fuera consumida en su totalidad). Sin embargo, el valor principal es la cantidad de proteína extra que se agrega, así como la digestibilidad y ganancia de peso de hasta 100 gr diarios en cabras criollas.

CONCLUSIONES

El sistema definido se sustenta en los siguientes puntos:

1. Está basado en una superficie de 10 ha de temporal, la cual necesariamente deberá cercarse.
2. La base alimenticia es la producción de forraje de cultivos anuales, en este caso haciendo énfasis en lo posible a la producción de maíz y cereales (avena, cebada).
3. El establecimiento de los cultivos es en franjas a nivel, limitados por bordos antierosivos en donde se establecen matorrales diversos (chamizo, nopales o sotoles u otros arbustos), que actúan como muros vivos, y protegen contra la erosión. Además, el uso de franjas a nivel, comparado con el manejo tradicional, permite un incremento en almacenamiento de humedad anual de un 23 a 35 por

- ciento, lo que representa aproximadamente 2 516 m³ ha⁻¹ de agua adicional.
4. Los cereales en lo posible deberán ser empacados y conservados henificados, y el maíz, cuando se corta en estado lechoso masoso, puede ser ensilado.
 5. Es posible pastorear dentro de la parcela durante el invierno. En el verano, durante la época de crecimiento de cultivos anuales, deberá apoyarse con pastoreo fuera de la parcela (sistema mixto).
 6. El número de cabras estimado que pudieran sostenerse exclusivamente con el producto forrajero del sistema descrito va de 15.2 a 87.3 en un periodo de cinco años evaluados. Un número adicional de 2.8 cabras pueden ser alimentadas si se toma en cuenta el aporte de matorrales.
 7. Los valores de erosión hídrica son 50 por ciento menores que los potenciales.

Aunque los resultados indican que es posible producir forrajes en un sistema de temporal como el aquí descrito, se deberá considerar la posibilidad de que la capacidad productiva disminuya en años de menor precipitación.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1990): *Methods of Analysis* (15th ed.), Washington, Association of Official Analytical Chemist, 1213 pp.
- ARÉCHIGA, C. F., J. I. Aguilera, R. M. Rincón, S. Méndez de Lara, V. R. Bañuelos y C. A. Meza-Herrera (2008): “Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización”, en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, núm. 9, pp. 1-14.

- DEVENDRA, C., D. Thomas, M. A. Jabbar y E. Zebini (2000): *Improvement of livestock production in crop-animal systems in agro-ecological zones of South Asia*, Nairobi, International Livestock Research Institute, 108 pp.
- DEVENDRA, C. (2007): *Goats: biology, production and development in Asia*, Kuala Lumpur, Academy of Sciences Malaysia, 246 pp.
- (2010): “Concluding synthesis and the future for sustainable goat production”, en *Small Ruminants Research*, vol. 89, núm. 2-3, pp. 125-130.
- ECHAVARRÍA, F. G., R. Gutiérrez, R. I. Ledezma, V. R. Bañuelos, J. I. Aguilera y A. Serna (2006): “Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido zacatecano: I Vegetación nativa”, en *Técnica Pecuaria en México*, vol. 44, núm. 2, pp. 203-217.
- ECHAVARRÍA, F. G., A. Serna, F. A. Rubio, A. F. Rumayor y H. Salinas (2009): “Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio”, en *Técnica Pecuaria en México*, vol. 47, núm. 1, pp. 93-106
- ECHAVARRÍA, F. G., A. Serna, H. Salinas, L. Íñiguez y M.P. Palacios (2010): “Small ruminant impacts on rangelands of semiarid highlands of Mexico and the reconverting by grazing systems”, en *Small Ruminants Research*, vol. 89, núm. 2, pp. 211-217.
- FLORES-NÁJERA, M. J., C. A. Meza-Herrera, F. G. Echavarría, E. Villagómez, L. Íñiguez, H. Salinas y A. González-Bulnes (2010): “Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions”, en *Animal Production Science*, núm. 50, pp. 897-901.
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (1999): “Oportunidades de desarrollo de la industria de la leche y carne de cabra en México”, en *Boletín informativo*

- 213, México, Banco Nacional de México, 109 pp.
- GIORDANENGO, J. H., G. W. Frasier y M. J. Trlica (2003): “Hydrologic and sediment responses to vegetation and soil disturbances”, en *Journal of Range Management*, núm. 56, pp. 152-158.
- LÓPEZ, S. E., O. H. Tosquy, F. J. Ugalde y J. A. Acosta (2008): “Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz”, en *Revista Fitotecnia Mexicana*, núm. 31, pp. 35-39.
- NRC (2007): *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids*, Washington, The National Academy Press, 384 pp.
- ROMERO-PAREDES, J. I., y R. G. Ramírez (2003): “*Artiplex canescens* (Purch, Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas”, en *Ciencia UANL*, núm. 6, pp. 85-92.
- ROBLES, A. (2011): “Distribución, densidad, factores ecológicos y valor forrajero del sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) en el noreste de Zacatecas, México”, tesis de doctorado en Ciencias Pecuarias, Universidad Autónoma de Zacatecas- Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, El Cordovel, Enrique Estrada, Zacatecas, 85 pp.
- SALINAS, J. L., J. L. Ávila, A. Falcón y R. Flores (1991): “Factores limitantes en el sistema de producción de caprinos en Zacatecas, México”, en *Turrialba. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas*, vol. 41, núm. 1, pp. 47-52.
- SALINAS, H. (1995): “Análisis de sistemas de producción agropecuarios e intervención Tecnológica”, tesis doctoral, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Nuevo León, 162 pp.
- SALINAS, H., R. G. Ramírez y A. Rumayor (1999): “A Whole-Farm Model for Economic Analysis in a Goat Production System in Mexico”, en *Small Ruminant Research*, vol. 31, núm. 2, pp. 157-164.

- SAS Institute Inc. 2009. SAS OnlineDoc® 9.2. Cary, NC.
- SERNA, A., y F. G. Echavarría (2002): “Caracterización hidrológica de un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. I. Pérdidas de Suelo”, en *Revista Técnica Pecuaria en México*, núm. 40, pp. 37-53.
- URRUTIA, M. J., G. M. O. Díaz, V. H. Gámez, L. T. Rivera, L. S. Beltrán y V. J. Luna (2007): “Utilización de chamiizo (*Atriplex canescens*) y nopal (*opuntia ficus indica*) como principales alimentos para producción de leche caprina en la estación de estiaje”, en *Memorias del Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos*, Mendoza (Argentina), 3 pp.
- WRB, IUSS Working Group (2006): *World reference base for soil resources*, 2nd ed., World Soil Resources Reports, 103, Roma, FAO, 107 pp.
- WISCHMEIER, W. H., y D. D. Smith (1978): *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*, Washington, USDA, Agriculture Handbook 537, 58 pp.

CAPÍTULO 4 PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN TERRENOS DEGRADADOS: UN CASO EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

*Esteban Salvador Osuna-Ceja**

RESUMEN

En el estado de Aguascalientes, los sistemas producto maíz y frijol de temporal son de gran importancia social y económica. Sin embargo, la sequía, el deterioro físico y el bajo nivel de fertilidad de los suelos limitan la producción de ambos cultivos. Una alternativa que puede mejorar el sistema de producción tradicional en esta zona de temporal deficiente es llevar a cabo la agricultura de conservación, la cual se define como un sistema sustentable, que promueve la conservación del suelo y agua en tierras de temporal, por medio de prácticas agronómicas innovadoras que controlan la erosión, disminuyen el escurrimiento superficial y mitigan los efectos de la sequía. En consecuencia, aumenta la disponibilidad de agua para las plantas, mejoran los rendimientos unitarios de cultivos en hileras, densos o individuales, disminuyen los costos y riesgos de producción y se incrementa el ingreso de los productores.

* Programa de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Apdo. Postal 20, Pabellón de Arteaga, Ags., México. C.P. 20660; e-mail: <osuna.salvador@inifap.gob.mx>.

INTRODUCCIÓN

La nueva estrategia de desarrollo económico en la que se encuentra inmerso el estado de Aguascalientes ha obligado a los productores agropecuarios a mejorar la eficiencia productiva, los niveles de rentabilidad de la explotación y a mantener un cuidado constante de los recursos naturales. En el sector agropecuario, especialmente en el sector dedicado a la producción de granos, es necesario buscar alternativas reales que estimulen la producción y mejoren la competitividad de los productores ante las nuevas condiciones de 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 provocan en el estado grandes áreas con temporales deficientes para la producción agrícola; cada año aumentan las áreas con problemas de erosión, debido al mal manejo del suelo y al agua de lluvia. Por lo tanto, es pertinente considerar algunos aspectos relacionados con el mejor aprovechamiento de la precipitación pluvial, situación que se obtiene con algunos sistemas de captación del agua de lluvia y llevan implícitas técnicas que además de aprovechar mejor la lluvia, siguen prácticas que ayudan a conservar el suelo (Osuna *et al.*, 2000; Luna y Gaytán, 2001; Osuna *et al.*, 2007).

La disminución de los rendimientos en los cultivos es cada vez mayor por la degradación del suelo, debido al sistema de agricultura de monocultivo de maíz y frijol, los métodos intensivos de labranza, el potencial erosivo de la precipitación, la falta de prácticas de conservación de suelo y la eliminación de la cobertura vegetal, que se refleja en bajos índices productivos en las diferentes regiones del estado. Antes de efectuar acciones específicas sobre conservación del suelo y del agua, es necesario

realizar una planeación para un buen manejo del suelo, que considere los factores que restringen su uso y manejo.

Comúnmente se habla de estrategias para temporal, en las que se presupone que los factores principales, determinantes de la producción son: la preparación del terreno, calidad de la variedad del maíz o frijol, época de siembra, densidad por hectárea y fertilización. Sin embargo, se ha cuestionado a la agricultura tradicional por los efectos que tiene sobre la degradación del suelo (Osuna, *et al.*, 2000; Osuna *et al.*, 2006); como consecuencia, se ha originado una estrategia que busca detener y revertir estos efectos mediante el desarrollo de tecnologías alternativas que permitan seguir produciendo e incrementar el rendimiento de los cultivos con un marco de conservación de suelo y agua.

Existen evidencias de que las recomendaciones tecnológicas generadas por la investigación y la experimentación agrícola en el estado de Aguascalientes, resultan superiores a las prácticas tradicionales en lo que respecta a mayores rendimientos y aparentemente en los ingresos netos generados. A pesar de ello, la adopción tecnológica por parte de los campesinos ha resultado muy reducida, desde el punto de vista de los acreditados en la banca oficial; resultando casi nula en la gran masa de productores de subsistencia, que por sus características socioeconómicas no resultan sujetos de créditos (Osuna *et al.*, 2012).

En Aguascalientes, desde hace más de 15 años se han realizado esfuerzos encaminados a impulsar el sistema de agricultura de conservación mediante programas de investigación y transferencia de tecnología. Con este sistema se trata de reducir los costos de la preparación del suelo, abreviando el tiempo dedicado a estas labores, e incrementar el contenido de materia orgánica en la superficie del suelo. Al mismo tiempo, se pretende favorecer la conservación de los recursos y optimizar el uso

del suelo y del agua (Ramírez *et al.*, 2006, Osuna *et al.*, 2007, Navarro *et al.*, 2008).

La agricultura de conservación es un esquema de producción de cultivo, que combina el manejo de prácticas apropiadas tendientes a reducir la labranza, retener una adecuada cantidad de residuos en la superficie del suelo e incorporar rotaciones de cultivos a fin de revertir la degradación del suelo; su incorporación proporciona una serie de beneficios relacionados con la materia orgánica y la fertilidad del suelo. Es por todos conocido que el estiércol y otros residuos orgánicos son importantes para conservar la productividad del suelo (González *et al.*, 2009; Osuna *et al.*, 2012).

Las técnicas de agricultura de conservación promueven evitar el barbecho, debido a que esta práctica disemina la materia orgánica que se acumula en la superficie del suelo, afecta su estructura (arreglo geométrico y topológico de los poros del suelo que se forman entre los agregados, y su estabilidad en tiempo y espacio), reduce la capacidad de infiltración del agua y aumenta el riesgo de erosión (Martínez y Jasso, 2004; Martínez *et al.*, 2008; Osuna *et al.*, 2006).

En este trabajo, se analizan algunas metodologías de investigación sobre prácticas agronómicas de conservación de suelos y el aprovechamiento de la lluvia para aumentar la producción agrícola en zonas de temporal deficiente del estado de Aguascalientes.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN INTEGRAL DE RECURSOS

La selección de prácticas agronómicas mejoradas para la conservación de suelos y captación *in situ* de la lluvia debe estar acorde al nivel tecnológico de los productores y a sus

condiciones socioeconómicas, ya que en muchos casos, predomina la agricultura tradicional y de subsistencia, las cuales se caracterizan por lo siguiente: *a*) agricultura de tipo extensivo con bajos rendimientos unitarios; *b*) raquíuticos niveles económico y tecnológico; *c*) escasez de insumos, créditos, capital, asistencia técnica y fuentes de energía; y *d*) falta de programas interdisciplinarios.

De 1996 a la fecha, el Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, del INIFAP ha establecido experimentos de campo sobre prácticas de conservación de suelos, captación *in situ* del agua de lluvia, métodos de labranza y rotación de cultivos de gramíneas y leguminosas para producción de grano y forraje, todos ellos tendientes a implementar una agricultura de conservación. Dichos trabajos se han llevado a cabo en terrenos agrícolas del sitio experimental “Sandoval” y Pabellón del INIFAP. Los cultivos bajo estudio han sido: maíz, frijol, avena, cebada, garbanzo, sorgo, y algunas arbustivas y pastos: nopal, leucaena, mezquite y daleas; Green Panic y Buffel (Osuna *et al.*, 2000; Osuna *et al.*, 2010).

Las variables independientes estudiadas han sido: *a*) prácticas de conservación de suelos (surcado al contorno); *b*) labranza mínima (uso del multiarado); *c*) captación *in situ* de agua de lluvia mediante “pileteo” (práctica que consiste en levantar un bordo de tierra de 20 cm de alto en medio de los surcos a distancia regulares para almacenar agua y disminuir la erosión del suelo); *d*) calidad de semilla de cultivos anuales y perennes (uso de variedades mejoradas de alto rendimiento y ciclo precoz de maíz V-209, frijol Flor de Mayo Bajío, avena Cuauhtémoc y pastos forrajeros Green Panic y Buffel); *e*) manejo de barreras vegetales (nopal, leucaenas y mezquites); y *f*) manejo de ganado menor (ovinos).

Las variables dependientes evaluadas han sido las siguientes: 1) erosión del suelo; 2) altura de las plantas y desarrollo

vegetativo; 3) modificación de las condiciones físicas y químicas del suelo (régimen de la humedad del suelo, densidad aparente, resistencia mecánica, velocidad de infiltración, coeficiente de escurrimiento, fertilidad del suelo, materia orgánica y pH); y 4) rendimiento de materia seca, forraje y grano. Además se han medido algunos parámetros climatológicos como son: 1) cantidad, intensidad, distribución y frecuencia de la lluvia; 2) temperatura máxima y mínima; 3) evaporación; y 4) radiación solar.

Los resultados obtenidos de la investigación realizada por el Campo Experimental Pabellón durante 15 años indican que el efecto combinado de las prácticas agronómicas mejoradas presenta las ventajas siguientes: *a)* aumenta la disponibilidad de agua para los cultivos, al mejorar la calidad, los regímenes de la humedad y temperatura del suelo; *b)* reduce los riesgos de erosión y de la sequía y por lo tanto la pérdida de cosechas; *c)* mejora la eficiencia en la utilización de los recursos lluvia, suelo, planta y microambiente en la agricultura de temporal, lo cual hace que los sistemas de producción sean más sostenibles. A título de ejemplo, se muestran los siguientes resultados (cuadro 1 y 2).

Es conveniente que este tipo de trabajos consideren periodos de cuando menos 10 años, con el objeto de evaluar el efecto de la variabilidad de la lluvia sobre la producción de cultivos a través del tiempo.

En una segunda etapa de investigación sobre la determinación de componentes tecnológicos y fórmulas integrales para mejorar los sistemas de producción agrícola de temporal, se generaron prácticas agronómicas innovadoras basadas en las variables siguientes: *a)* métodos de siembra en camas de 1.52 m (a dos, tres y seis hileras); *b)* densidad de población, *c)* genotipos o variedades; *d)* captación *in situ* de agua de lluvia mediante “pileteo” y sistema Aqueel; y *e)* fertilización química, biológica (uso de biofertilizantes) y orgánica (incorporación de materia orgánica).

Cuadro 1. Valores de "C" y "P" para las fajas al contorno de los policultivos en rotación y prácticas de labranza inherentes al Sistema de Agricultura de Conservación y con los monocultivos

Sistema de labranza	Policultivos	Erosión potencial	C	P	P. de suelo Ton ha ⁻¹ año ⁻¹	Degradación Ton ha ⁻¹ año ⁻¹
Barbecho	Sin cultivo	35.00*	1.0	1.0	35.00	30.00
Sistema de Agricultura de Conservación						
LM-SA-PI	Mz-Fr-Av-Mz	35.00	0.285	0.50	4.99	0.00
	Fr-Av-Mz-Fr	35.00	0.373	0.50	6.53	1.53
	Av-Mz-Fr-Av	35.00	0.312	0.60	6.55	1.55
	Pasto	35.00	0.260	0.60	5.46	0.46
	Nopal	35.00	0.400	0.60	8.40	3.40
	Σ				31.93	6.94
	X				6.39	1.39
Monocultivos						
LT	Maíz	35.00	0.542	1.0	18.97	13.97
	Frijol	35.00	0.522	1.0	18.27	13.27
	Avena	35.00	0.377	1.0	13.20	8.20

LT: Labranza tradicional; LM: labranza mínima; SA: surcado al contorno; PI: piletteo.

* Erosión potencial estimada en lotes de escurrimiento (Osuna, 1992).

Pérdida máxima permisible para la región = 5.00 ton ha⁻¹ año⁻¹.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y materia seca (ton ha⁻¹) de los policultivos manejados en el Sistema de Agricultura de Conservación y como monocultivo, e índice de eficiencia relativa de la tierra

Sistema de labranza	Policultivos	Rendimiento (ton ha ⁻¹)		Índice de eficiencia relativa de la tierra	
		Grano	Materia seca	Grano	Materia seca
LM-SA-PI		Sistema de Agricultura de Conservación			
	Mz-Fr-Av-Mz	0.66 (0.09)*	1.71 (0.23)	1.40	1.20
	Fr-Av-Mz-Fr	0.46 (0.12)	0.34 (0.10)	1.31	1.21
	Av-Mz-Fr-Av		1.55 (0.15)		1.35
	Pasto		0.94 (0.14)		
	Nopal		12.00 (0.25)		
	Σ			0.71	0.76
LT		Monocultivos			
	Maíz	0.47 (0.14)	1.43 (0.18)		
	Frijol	0.35 (0.12)	0.28 (0.08)		
	Avena		1.15 (0.17)		

* Desviación estándar.

En Aguascalientes, Osuna *et al.* (2009 y 2010) desarrollaron una serie de trabajos bajo temporal que permiten evaluar el efecto integral de: la siembra en surcos de 0.76 m en hilera sencilla, a doble hilera y camas de 1.52 m con tres y seis hileras con diferentes densidades de plantas (90 mil, 180 mil, 145 mil y 260 mil plantas ha⁻¹), y se basaron en un paquete tecnológico que comprende labranza vertical (uso del multiarado), uso del pileteo y sistema Aqueel para captación de agua *in situ*, fertilización biológica (uso de biofertilizantes) y foliar (con urea y ácido fosfórico al 2 y 1 por ciento) y la aplicación de agroquímicos para controlar plagas y malezas.

Este paquete tecnológico se aplica para cualquier tipo de planta o asociaciones; se tienen dos grupos:

- 1) Cultivos de hilera (frijol, maíz, sorgo, mijo).
- 2) Cultivos densos o tupidos (avena, cebada, trigo, pastos).

La ventaja que tiene la utilización de este paquete tecnológico es que permite modificar el método de siembra tradicional para cualquier cultivo y bajo diferentes condiciones ecológicas para cultivos de temporal. La siembra en camas de 1.52 m a tres y seis hileras con un arreglo topológico de plantas homogéneo permite lograr una mayor cobertura del suelo y una menor competencia entre plantas; además, permite el máximo uso posible del factor más limitativo, el cual frecuentemente es el agua; también, es posible que colocando varios estratos foliares (con diferentes especies) se capte mejor la energía solar, se conserve la humedad, se optimicen los nutrientes del suelo y aumenten los rendimientos.

Con el objeto de mejorar los diseños de tratamientos para las prácticas agronómicas que promueve la agricultura de conservación para tierras de temporal deficiente, se establecieron en 2009, 2010 y 2011, experimentos de campo en Pabellón y

Sandoval, Aguascalientes, con una precipitación promedio de 250 mm en el ciclo de cultivo.

1. Se realizó un ensayo en temporal para producción de forraje: Evaluación de métodos de siembra (hilera sencilla con distancia entre surco a 76 cm y doble hilera a 20 cm dentro de cada par y 76 cm entre pares) con y sin captación de agua (uso del “pileteo”), cultivo (maíz V-209, sorgo Su-Wueet y mijo ICMV-221) y fertilización (orgánica: 0, 10 y 20 Mg ha⁻¹ de estiércol de bovino seco en el primer año y en el segundo sólo se aplicó el 35 por ciento de los tratamientos; biológica: con dosis de Azospirillum y Micorriza ha⁻¹ de 0, 1 kg y un tratamiento asociado de 1 kg con 20-20-30 kg ha⁻¹ de NPK y química: 0, 40 y 80 kg ha⁻¹ de N, el PK se manejaron constantes 40 y 30 kg ha⁻¹).

La distribución de tratamientos se hizo bajo un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas subsubdivididas con tres repeticiones. La parcela grande fue el método de siembra con y sin captación, la mediana los cultivos y la parcela chica los tratamientos de fertilización.

El terreno se preparó con un paso de multiarado para romper el suelo sin invertirlo y se rastreó antes de la siembra. La siembra se hizo con un prototipo experimental de sembradora mecánica diseñada en el Programa de Mecanización del Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes. Con dicha sembradora se realizó la siembra a doble hilera. La aplicación de los tratamientos de materia orgánica (estiércol de bovino seco) se realizó un mes antes de la siembra, y la inoculación de la semilla con los biofertilizantes se hizo un día antes de la siembra. Se fertilizó al sembrar con los tratamientos de fertilización química involucrados en el estudio; 15 días después de la siembra se aplicaron agroquímicos para controlar plagas y malezas en ambos ensayos.

En la cosecha, para cada parcela útil de cada uno de los tratamientos de fertilización evaluados en los diferentes cultivos

y para los dos métodos de siembra se realizaron las siguientes acciones para:

Planta. Se registró la altura final de planta (promedio de cinco plantas tomadas al azar dentro de las dos y cuatro hileras centrales de cada tratamiento) de los diferentes cultivos evaluados, rendimiento de biomasa verde y seca (se cosecharon los dos surcos centrales sencillos y dobles de 3 m de largo en cada tratamiento).

La duración de los cultivos hasta la etapa de corte fue de 95 días, que comprendió de la siembra a la madurez fisiológica (del 1° y 2 de julio al 10 de octubre en 2009 y del 13 de julio al 16 de octubre en 2010). La lluvia en este periodo fue de 219.8 mm en 2009 y 209.2 mm en 2010, de la cual, el 16.1 por ciento y 49.3 por ciento ocurrió en la primera etapa del primero y segundo año, con lo que el cultivo dispuso del 83.9 por ciento y 49.3 por ciento de la lluvia en las etapas que comprendieron a la formación y llenado de grano en ambos años; esto indica una distribución errática para las necesidades del cultivo.

Rendimiento de maíz-sorgo-mijo. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) por efecto del método de siembra en ambos años. En 2009, el rendimiento más alto de materia verde se obtuvo con la siembra a doble hilera (SDH), luego con la convencional o hilera sencilla (SHS); mientras que en 2010, el rendimiento de materia verde fue prácticamente igual. Los rendimientos promedio a través de la especie (maíz, sorgo y mijo) y la fertilización fueron 15.3 y 14.9; 10.63 y 10.08 t ha⁻¹ en 2009 y 2010, respectivamente. La diferencia representa un incremento del 2.6 por ciento a favor de la SDH en el primer año; sin embargo, en el segundo la diferencia fue mínima. Este mismo orden se observó en el rendimiento de materia seca (2.61 y 2.37; 3.85 y 3.26 t ha⁻¹ en 2009 y 2010, respectivamente). Sin embargo, en altura de planta la siembra convencional superó a la doble hilera, aunque tampoco se encontró diferencias significativas al

5 y 10 por ciento, respectivamente, en el análisis combinado. El mayor número de plantas cosechadas en SDH favoreció el rendimiento de los cultivos en ambos años.

La respuesta de los cultivos fue significativa, con promedios a través de métodos de siembra y fertilización de 13.5, 17.4, y 14.4 t ha⁻¹ en 2009 y 10.8, 12.9 y 7.4 t ha⁻¹ en 2010, para maíz, sorgo y mijo, respectivamente. En relación con el peso de materia seca, se observó que también el sorgo obtuvo el rendimiento más alto en ambos años (3.0 y 4.3 t ha⁻¹ en 2009 y 2010) mientras que el maíz y el mijo obtuvieron rendimientos de 2.3 y 2.4 t ha⁻¹ en 2009 y de 3.4 y 3.0 t ha⁻¹ en 2010, respectivamente.

En relación con la fuente de fertilización (orgánica, biológica y química), la misma mostró diferencia altamente significativa para todas las variables en los dos años, con promedios a través de métodos de siembra y cultivos de 11.9, 12.2, 17.0, 16.6, 14.7, 16.5 y 16.6 t ha⁻¹ de materia verde para 2009 y en 2010 de 7.7, 8.9, 11.8, 11.6, 10.2, 10.7, 11.6 t ha⁻¹, para T1 (00-00-00), T2 (Azospirillum + Micorriza), T3 (10 t ha⁻¹ de MO + Micorriza), T4 (20 t ha⁻¹ de MO + Micorriza), T5 (20-20-30 kg ha⁻¹ de NPK + biofertilizantes), T6 (40-40-30 kg ha⁻¹ de NPK) y T7 (80-40-30 kg ha⁻¹ de NPK), respectivamente. El nivel cero o testigo de NPK es el factor que reduce más el rendimiento tanto de biomasa verde como de materia seca, en comparación con las fuentes y niveles de fertilización evaluadas. Esto posiblemente se debió a un mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por efecto de la aplicación de materia orgánica en el caso del estiércol, mientras que los biofertilizantes ayudaron al suelo a recuperar los microorganismos que la degradación del mismo y la sequía han eliminado y la fertilización química su respuesta se debió a la presencia de lluvia efectiva en la etapa de formación y llenado de grano de los cultivos bajo estudio.

2. Se realizó un segundo ensayo de temporal, donde se evaluaron diez variedades de frijol mejoradas de diferente desarrollo y precocidad (Pinto Bravo, Pinto Centauro, Pinto Coloso, Pinto Saltillo, Pinto Centenario, Pinto Libertad, variedades precoces; Flor de Mayo Bajío, Flor de Mayo Dolores, Flor de Mayo Eugenia y Azufrado 2, variedades intermedias; materiales provenientes del Programa de Mejoramiento Genético del INIFAP); los métodos de siembra evaluados fueron: a) surcos de 0.76 m en hilera sencilla; b) camas de 1.52 m con tres hileras; y c) camas de 1.52 m con seis hileras. En los casos con más de una hilera por surco, la separación entre éstas fue de 40 cm para la siembra de triple hilera y 20 cm para la de seis hileras respectivamente. La unidad experimental consistió de: 4, 6 y 12 hileras de 30 m de longitud por variedad para siembra sencilla, tres y seis hileras. La semilla de las variedades fue inoculada al momento de la siembra con la cepa del INIFAP (*Glomus intraradices*), a dosis de 350 g ha⁻¹ de sustrato micorrízicos, 15 días después de la siembra se aplicaron agroquímicos para controlar plagas y malezas. Además, se hizo una aplicación de fertilización foliar durante el llenado de grano, con urea y ácido fosfórico al 2 y 1 por ciento, respectivamente. El fertilizante se preparó como sigue: se disolvieron 12 kg de urea y 6 litros de ácido fosfórico en 600 litros de agua, más 0.2 litros de adherente. La solución aplicada a las hojas equivale a 5.5 kg de N y 4.5 kg de P por hectárea.

El terreno se preparó con un paso de multiarado para romper el suelo sin invertirlo y se rastreó antes de la siembra. La siembra se hizo con un prototipo experimental de sembradora mecánica diseñada en el Programa de Mecanización del Centro Experimental Pabellón, Aguascalientes. Con dicha sembradora se establecieron los métodos a diferentes distanciamientos entre surcos y se aplicaron las prácticas de pileteo y Aqueel para la captación de agua.

A la cosecha, se tomaron datos sobre el rendimiento de grano y sus componentes. Para la determinación de dichos parámetros, dentro de cada unidad experimental se tomaron al azar cinco repeticiones de 2 m de ancho por 5 m de longitud. La información de las características cuantificadas se analizó con base en un diseño de parcelas divididas donde la parcela grande fue para las variedades y la parcela chica para los métodos de siembra.

En 2011 la lluvia total ocurrida del 1° de junio al 31 de octubre fue más baja que el promedio histórico (cuadro 3), con periodos alternos de humedad y sequía con duraciones variables durante el ciclo.

Cuadro 3. Precipitación promedio anual e histórica en el Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, 2011

Mes	Precipitación (mm)	
	Pabellón 2011	Promedio histórico
Junio	13.6	58.7
Julio*	31.8	110.2
Agosto	58.6	95.6
Septiembre	71.4	79.1
Octubre	13.2	34.5
Noviembre	0	10.2
Total	188.6	388.3

* La fecha de siembra fue el 30 de julio de 2011. La lluvia total en este periodo de cultivo fue de 175.0 mm.

La duración del ciclo del cultivo fue de 90 días, que comprendió de la siembra a la madurez fisiológica (30 de julio al 29 de octubre). La lluvia en ese periodo fue de 175 mm. Se

observa que, del total de la lluvia, el 31.07 por ciento ocurrió en las dos primeras etapas de crecimiento, con lo cual el cultivo dispuso sólo del 68.93 por ciento de la lluvia en las etapas que comprendieron la formación y llenado de grano; esto indica una distribución errática para las necesidades del cultivo.

Debido a que las lluvias fueron muy escasas, no hubo suficiente agua retenida en la zona radicular, de tal manera que el cultivo sufrió una sequía extrema durante la etapa de desarrollo e inicio de floración, principalmente en el método de siembra tradicional a hilera sencilla en surcos a 76 cm que presentó mayor área descubierta. Sin embargo, en la etapa de formación y llenado de grano, el cultivo sufrió menos estrés y hubo una recuperación fisiológica por la presencia de lluvias durante esta etapa de crecimiento. Lo anterior pone de manifiesto la capacidad de recuperación de las variedades de frijol.

Los resultados del análisis estadístico indicaron que hubo diferencia ($P > 0.05$) para la variable rendimiento y sus componentes.

En el cuadro 4 se muestra el rendimiento de las variedades utilizadas, encontrando que el máximo rendimiento le correspondió a la variedad Pinto Centenario en hilera sencilla. Por otro lado, en los métodos de tres y seis hileras, Pinto Saltillo superó a todas las variedades. Alves *et al.* (2008) encontraron que al reducir la distancia entre surcos e incrementando la densidad de población, las variedades con menor cobertura son menos afectadas en su rendimiento que las de crecimiento más agresivo, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo.

El incremento de la densidad de plantas en el intervalo de 90 mil a 260 mil plantas ha^{-1} afectó significativamente algunos componentes del rendimiento. Se observó mayor reducción del número de vainas por planta y el peso de 100 semillas en los tratamientos de tres y seis hileras, respecto al tratamiento

de hilera sencilla (cuadro 5). Sin embargo, el rendimiento de grano no fue influenciado por la densidad de planta. Esta respuesta fue similar a lo reportado por Alves *et al.* (2008), quienes sugieren que el acrecentado rendimiento que se observa en altas densidades de plantas se debe al mayor desarrollo del área foliar, conservación de humedad y mayor número de plantas m^{-2} , lo cual repercute en un incremento del rendimiento de grano.

Cuadro 4. Rendimiento ($t ha^{-1}$) de 10 variedades de frijol bajo tres métodos de siembra, 2011

Variedades	Una hilera	Tres hileras	Seis hileras	Media
Pinto Saltillo	1.53	1.85	1.90	1.76 a
Flor de Mayo Bajío	1.60	1.53	1.60	1.57 b
Pinto Centenario	1.85	1.56	1.30	1.57 b
Pinto Centauro	1.44	1.47	1.50	1.47 bc
Pinto Bravo	1.44	1.45	1.44	1.45 c
Pinto Coloso	1.32	1.41	1.51	1.41 cd
F. de Mayo Eugenia	1.29	1.39	1.28	1.32 de
Pinto Libertad	1.14	1.34	1.40	1.29 de
Azufrado 27	1.08	0.94	1.75	1.26 e
F. de Mayo Dolores	1.18	1.32	1.22	1.24 e
Media:	1.39b	1.43b	1.49a	
DMS_{0.05}	0.0528		0.1197	
CV porcentaje	13.3			

Cuadro 5. Valores medios de número de vainas por planta y peso de cien semillas de las diez variedades de frijol de temporal evaluadas, 2011

Variedades	Una hilera		Tres hileras		Seis hileras		Media	
	NVP ⁻¹	PS*	NVP ⁻¹	PS*	NVP ⁻¹	PS*	NVP ⁻¹	PS*
Pinto Saltillo	23.8	29.3	23.2	29.4	12.7	29.2	19.9	29.3
Flor de Mayo Bajío	26.9	23.6	22.1	22.6	13.5	22.0	20.8	22.7
Pinto Centenario	35.7	38.3	25.4	34.6	18.5	32.8	26.5	35.2
Pinto Centauro	29.7	33.1	24.6	31.7	15.4	31.2	23.2	32.0
Pinto Bravo	29.1	33.6	28.8	34.7	18.7	33.4	25.5	33.9
Pinto Coloso	31.7	36.7	23.5	36.5	16.2	35.7	23.8	36.3
F. de Mayo Eugenia	20.4	30.8	19.9	27.2	9.1	25.8	16.5	27.9
Pinto Libertad	27.6	39.4	26.6	36.9	19.1	34.7	24.4	37.0
Azufrado 2	21.6	31.5	18.3	29.8	14.2	29.7	18.0	30.3
De Mayo Dolores	27.4	24.6	20.5	22.8	12.9	23.9	20.3	23.8
Media:	27.39	32.09	23.29	30.62	15.03	29.84	21.89	30.8

* Peso de cien semillas; NVP: número de vainas por planta.

CONCLUSIONES

En el estado de Aguascalientes, la agricultura tradicional con base en maíz es una actividad de baja productividad y alto riesgo, ya que el 80 por ciento de la superficie de temporal tiene 110 o menos días con humedad para el desarrollo del cultivo. Esto significa que la mejor opción para realizar agricultura bajo estas condiciones es la producción de forrajes para corte, o producir grano con especies de ciclo corto como cebada maltera, trigo, y frijol de tipo precoz.

La conversión productiva a especies tolerantes o adaptadas a condiciones de déficit de humedad dependerá de que los productos que se obtienen de dichas especies tengan demandas en el mercado, puedan ser usadas para autoconsumo o para alimentar ganado y obtener productos pecuarios, que les otorguen valor agregado.

Es conveniente que además de una elección más adecuada de los cultivos a explotar se cambie la tecnología de producción, ya que la actual no sólo es de baja productividad, sino que en la mayoría de los casos incluye prácticas que van en contra de la conservación del suelo y del agua, principales factores de riesgo en el temporal.

A pesar de que los efectos de la sequía y otros factores que causan pérdida en el temporal se han hecho extremosos por el manejo que el productor hace de los suelos, disminuyendo la materia orgánica, erosionando y compactando la capa arable, lo cual afecta la capacidad de los mismos para retener humedad, la enseñanza y la investigación en agricultura de conservación no han recibido la suficiente atención, por lo que es necesario reforzar esta actividad mediante el establecimiento de módulos piloto con fines de demostración y capacitación con el objeto de difundir nuevamente esta tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVES, A. F., M. J. B. Andrade, N. M. B. Vieira y P.M. Rezende (2008): "Grain yield of four new cultivars based on plant density", en *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, vol. 51, pp. 242-243.
- GONZÁLEZ-TORRES, A., U. Figueroa-Viramontes, J. A. Delgado, G. Núñez-Hernández, J. A. Cueto-Wong, P. Preciado-Rangel y A. Palomo-Gil (2009): "Calibración del SAPD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero", en *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 4, pp. 303-309.
- LUNA, M., y R. Gaytán (2001): "Rendimiento de maíz de temporal con tecnología tradicional y recomendada", en *Agricultura Técnica en México*, vol. 27, núm. 2, pp. 163-169.
- MARTÍNEZ, M. A., y C. Jasso (2004): *Agricultura de conservación para la producción de sorgo y maíz de temporal en la zona media de San Luis Potosí*, San Luis Potosí, Sagarpa-INIFAP-CIRNO-CESL (Folleto Técnico núm. 23.), 19 pp.
- MARTÍNEZ, M. A., E. S. Osuna, J. S. Padilla, E. Martínez y J. A. Acosta (2008): "La preparación del suelo para producir frijol de temporal con un enfoque de agricultura de conservación en el altiplano de San Luis Potosí", en M. A. Martínez, E. S. Osuna, J. S. Padilla, J. A. Acosta y C. Loredo, *Tecnología para la producción de frijol en el Norte-Centro de México*, pp. 32-49, Campo Experimental San Luis, CIRNE-INIFAP (Libro Técnico núm. 4), 206 pp.
- NAVARRO, B. A., B. Figueroa, M. Martínez, F. González y E. S. Osuna (2008): "Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos", en *Agricultura Técnica en México*, vol. 34, núm. 2, pp. 151-158.
- OSUNA-CEJO, 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”, en *Agrociencia*, vol. 40, núm. 1, pp. 27-38.
- OSUNA-CEJO, E. S., J. S. Padilla y F. Esquivel (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*, Querétaro, SIHGO-Conacyt, 45 pp.
- OSUNA-CEJO, E. S., J. S. Padilla, M. A. Martínez, E. Martínez y J. A. Acosta (2007): *Componentes tecnológicos y fórmulas integrales para el cultivo de frijol de temporal en el altiplano de México*, San Luis Potosí, CESL-CIRNE-INIFAP (Folleto Científico núm. 1), 23 pp.
- OSUNA-Cejo, E. S., L. Reyes, J. S. Padilla y M. A. Martínez (2012): “Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, núm. 7, pp. 1389-1400.
- RAMÍREZ, B. C., B. Figueroa, V. M. Ordaz y V. H. Volke (2006): “Efecto del sistema de labranza cero en un vertisol”, en *Terra Latinoamericana*, vol. 24, núm. 1, pp. 109-118.

CAPÍTULO 5 ACCIONES DE RECONVERSIÓN EN TERRENOS DE PASTIZAL EN VIBORITAS, GUADALUPE, ZAC.

*Ramón Gutiérrez Luna**

RESUMEN

Los pastizales del estado de Zacatecas presentan algún grado de deterioro, debido en gran medida a la escasez de lluvias, desmonte irracional para uso en agricultura y posterior abandono de tierras. Dentro de los datos de deterioro que se tienen en los pastizales zacatecanos se registró de 2006 a 2009 por Gutiérrez *et al.* (2008) que la capacidad de carga animal ha decrecido en algunos sitios hasta en 200 por ciento. Como resultado se reconvirtieron 40 hectáreas de tierras agrícolas improductivas a siembra de pastizales y se utilizaron pastos perennes con el objetivo de producir semilla (Navajita y Banderilla) para rehabilitar los agostaderos con semilla de pastos nativos adaptados y producidos en la zona. Se obtuvo una producción promedio 300 kg de semilla de pastos/ha. Se rehabilitaron cerca de 400 hectáreas de agostadero con sobrepastoreo,

* Investigador programa de Pastizales y Cultivos Forrajeros. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Apdo. Postal 18, Calera de V.R., Zac., México. C.P. 98500; e-mail: <gutierrez.ramon@inifap.gob.mx>.

excluyendo el pastoreo de bovinos, dejando descansar por dos años y posteriormente se introdujo ganado con carga ajustada; a 200 hectáreas se les pasó un rodillo aereador para dejar en la superficie del suelo microposeo para favorecer la disminución del escurrimiento superficial del agua de lluvia. También se construyeron zanjas bordo para retener los escurrimientos, dos bordos de abrevadero y presas de gaviones y de piedra acomodada para la retención de azolves para darle mayor vida útil a los bordos. Tanto el descanso como la producción de semilla de pastos nativos ofrecen mayor estabilidad a la ganadería extensiva de zonas áridas y semiáridas de México.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del estado de Zacatecas presentan algún grado de deterioro, debido en gran medida a la escasez de lluvias, desmonte irracional para uso en agricultura y posterior abandono de tierras, presencia de fuego sin control y su uso fuera de épocas correctas de aplicación como herramienta de mejora. Sin embargo, el factor que más daño ocasiona a los recursos naturales del pastizal son alta carga animal y pastoreo continuo, propiciando altos niveles de escurrimiento del agua de lluvia y pérdidas de suelo (Echavarría *et al.*, 2009) y finalmente bajos niveles de producción animal.

Dentro de los datos de deterioro que se tienen en los pastizales zacatecanos, se registró de 2006 a 2009 por Gutiérrez *et al.*, (2008) que la capacidad de carga animal ha decrecido en algunos sitios hasta en 200 por ciento de lo reportado por Cotecoca (1980). Para el año 2011, también en muestreos de producción de forraje en los agostaderos del estado se identificó que existió un requerimiento de hasta 70 ha U.A. año, lo cual denota extremo deterioro, en gran medida no sólo por la

presión animal sobre el pastizal, sino por la escasez de lluvia (48 por ciento del promedio histórico para 2011).

Respecto a pérdidas de suelos del pastizal, Serna y Echavarría (2002) reportaron hasta 7.5 ton/ha cuando éstos adolecen de cobertura sobre el suelo contra 70 kg/ha cuando éstos poseen cobertura vegetal proporcionada a través de zacates y de nopal; además registraron escurrimiento superficial del agua de lluvia con valores cercanos al 80 por ciento contra 40 por ciento de la precipitación.

Velásquez y Gutiérrez (2010) encontraron que las prácticas de manejo del suelo son determinantes para favorecer la infiltración del agua en las tierras de pastizal mediano abierto en Zacatecas; sin embargo, dentro de las principales prácticas que favorecen este proceso la carga animal adecuada es la principal actividad a realizar. Aspecto sustentado por Thurow *et al.* (1986), Brito (1984) y Bedunah y Sosebee (1985).

La sobreexplotación de recursos naturales en zonas áridas tiene implicaciones que afectan la calidad de vida de los habitantes, ya que los recursos naturales continuamente siguen deteriorando su salud. Este deterioro es registrado desde que los suelos son perturbados de su condición original, que son usados para fines ajenos a su potencial ecológico (figura 1).

El continuo esfuerzo por producir alimentos en zonas de bajo potencial induce acciones que buscan mayor sustentabilidad y rentabilidad en el uso de recursos naturales, pues imágenes como la de la figura 2 son comunes en el norte de México por lluvias erráticas y escasas. Para los años 2011-2012 sólo se precipitaron 170 y 210 mm, respectivamente, con periodos entre lluvias de hasta 30 días, con lo cual los rendimientos de cultivos son insuficientes para sustentar a una familia. De ahí que, en afán de sobrevivir, se sobreutilicen los recursos naturales.

Figura 1. La sobreutilización de los recursos naturales en zonas áridas y semiáridas y el impacto en la disminución de la calidad de vida

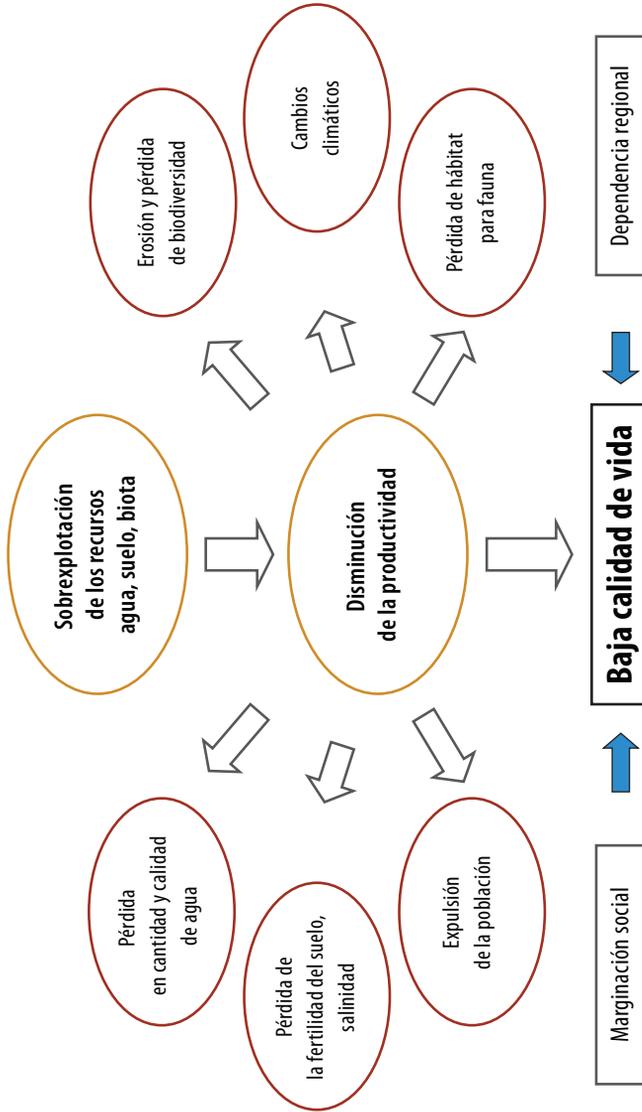


Figura 2. Siembra de cereales (avena y maíz) en regiones y/o años de baja precipitación de Villa de Cos., Zacatecas



Respecto al uso del pastizal, igualmente se tienen registros de extremo deterioro donde la vegetación nativa se ha visto reducida en densidad, en vigor y en productividad (figura 3), siendo no sólo insuficiente para alimentar al ganado, sino para

procesos elementales como proteger el suelo del viento o escudricamiento superficial, ya que la cobertura basal sobre el suelo en general no es mayor que 15 a 20; sin embargo, existen sitios con menos de 10 por ciento de la superficie protegidos.

Con base en extremo deterioro de los recursos del pastizal se han realizado esfuerzos por conservar la condición actual de los recursos naturales o bien de ser factible mejorar su condición ecológica.

Por otra parte, debido a la alta presión que reciben los pastizales es urgente evaluar otras opciones de producción de forraje. Para ello es importante evaluar materiales de zacates introducidos o incluso nativos que presenten alto potencial de producción. Además, dado que la calidad del forraje es altamente variable, es importante encontrar otras opciones forrajeras que mejoren este aspecto.

Figura 3. Pastizales deteriorados con escasa cobertura basal y baja producción animal en el norte de México



La producción de forraje en Zacatecas principalmente ocurre en verano; sin embargo, en la época de estiaje es muy baja tanto la disponibilidad como la calidad del alimento para el ganado, por lo tanto una opción es evaluar arbustos forrajeros como son: *Atriplex canescens* (chamizo), *Prosopis juliflora* (mezquite), *Leucaena glauca* (guache) y *Acacia berlandieri* (huizache).

Respecto a las acciones implementadas para rehabilitar los recursos naturales del pastizal (suelo, vegetación) se encuentran módulos integrados de uso múltiple, los cuales han reconsiderado el uso actual de los suelos. Estos esfuerzos se concentran en las siguientes acciones:

- a) Reconversión productiva de áreas marginales con pastos para producción de forraje y semillas.
- b) Manejo de escorrentías (figura 4).
- c) Recuperación y manejo de arbustivas forrajeras.
- d) Restauración de cubierta vegetal a través de resiembra con pastos nativos (Banderilla, Navajita) y de arbustivas.
- e) Manejo y aprovechamiento de especies nativas a través del pastoreo rotacional y ajuste de carga animal.

Con base en lo anterior, trabajos de reconversión productiva bajo el concepto de Unidades MIRZA (Unidades de Manejo Integral de Recursos en Zonas Áridas) en el estado de Zacatecas. Se han realizado esfuerzos importantes que han tenido éxito.

En este proceso, la Conaza, en sinergia con Sagarpa y el INIFAP, estableció en 2003 un proyecto de desarrollo para la reconversión de áreas afectadas por fenómenos meteorológicos y por el impacto de las actividades humanas, a través del cambio de áreas en extremo degradadas hacia áreas productivas por medio del modelo MIRZA. El propósito es regresarle su

*Figura 4. Presas filtrantes para manejo de escorrentías y conservación de suelos en MIRZA
Viboritas, Gpe., Zac., 2007*



vocación natural a la tierra, vía obras y trabajos de conservación de suelo y agua bien planeados, con apoyo tecnológico y de concienciación de los productores.

Se rehabilitaron cerca de 400 hectáreas de agostadero con sobrepastoreo, en principio excluyendo el pastoreo de bovinos, dejando descansar por dos años y posteriormente se introdujo ganado con carga ajustada. A 200 hectáreas se les pasó un rodillo aereador (Berlanga, 2009) para dejar en la superficie del suelo microposeo a fin de favorecer la disminución del escurrimiento superficial del agua de lluvia. También se construyeron zanjas bordo para retener los escurrimientos, dos bordos de abrevadero y presas de gaviones y de piedra acomodada para la retención de azolves para darle mayor vida útil a los bordos, así como cabeceo de cárcavas para detener el origen de los problemas de erosión.

Se reconvirtieron 40 hectáreas de tierras agrícolas improductivas a siembra de pastizales y en este caso se utilizaron pastos perennes con el objetivo de producir semilla de pastos Navajita y Banderita (*Bouteloua spp.*) para así rehabilitar sus propios agostaderos con semilla de pastos nativos adaptados y producidos en la zona y, posteriormente, para la comercialización al público en general. Se ha logrado una producción promedio de 300 kg de semilla de pastos/ha, lo que significan rendimientos de alrededor de 8 a 12 toneladas. La semilla sin beneficiar ha tenido un precio a la venta de 120 pesos por kilogramo; estos ingresos son superiores a los obtenidos en el cultivo de frijol y maíz en la zona.

Hidrología, en este aspecto se evaluaron tres tratamientos de prácticas de manejo: *a*) exclusión al pastoreo (E); *b*) exclusión + rodillo aereador (E+R); y *c*) pastoreo continuo (PC) en dos sitios del pastizal mediano abierto: Viboritas y Benito Juárez. La tasa de infiltración fue obtenida utilizando un simulador de lluvia portátil tipo Asseline (Asseline, 1978) para parcelas de escurrimiento de un metro cuadrado. Los resultados preliminares indican que la tasa de infiltración en las áreas con los tratamientos de E, y E + R, fue mayor y

estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) que las tasas observadas en PC, en ambas localidades. Las variables que influenciaron el proceso de infiltración fueron la intensidad de la lluvia simulada, la densidad aparente del suelo y la biomasa de zacate producida (cuadro 1) (Velásquez y Gutiérrez, 2010).

Cuadro 1. Comparación de medias de la tasa de infiltración (mm h^{-1}) en pruebas en condición seca entre tratamientos de manejo del pastizal

Tratamiento de manejo	Promedio
Excluido + rodillo	25.1 A
Excluido	20.8 AB
Pastoreo continuo	16.2 B

Literales iguales entre columnas significa que no existe diferencia estadística ($P \leq 0.05$)

Respecto a otras opciones forrajeras, se evaluaron 12 variedades (ecotipos) de nopal donde, aun bajo consideraciones adversas de humedad a través de la lluvia, se logró que la producción de forraje de nopal expresara un promedio de hasta 3.6 ton de ms/ha al año. Aspecto que viene a disminuir la presión que el ganado ejerce sobre el pastizal, y en años de escasa precipitación, como ha ocurrido en 2010 y 2011, esta opción es la que mayor estabilidad ofrece a la ganadería extensiva de zonas áridas y semiáridas de México, ya que según Cotecoca (1980) se requerían 10 ha UA/año, condición modificada por sequía recurrente acompañada del sobrepastoreo (Gutiérrez *et al.*, 2007).

BIBLIOGRAFÍA

- ASSELIN J., y C. Valentin (1978): "Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion", *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, vol. XV, núm. 4, pp. 321-349.
- BEDUNAH, D. J., y R. E. Sosebee (1985): "Influence of site manipulation on infiltration rates of a depleted West Texas range site". *Journal of Range Manage.*, vol. 38, núm. 3, pp. 200-205.
- BERLANGA, C. A. (2009): *Uso del rodillo aereador para la rehabilitación de pastizales degradados*, México, Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP (Desplegable técnico núm. 10).
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (Cotecoca) (1980): *Memoria para el estado de Zacatecas*, SARH-Subsecretaría de Ganadería, 243 pp.
- ECHAVARRÍA, F.G., G. G. Medina, F. A. Rumayor, P. A. Serna, G. H. Salinas y W. J. G. Bustamante (2009): *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico*, México, Campo Experimental Zacatecas, Cironoc-INIFAP (Libro Técnico núm. 10).
- ECHAVARRÍA, F. G., P. A. Serna, V. R. Bañuelos, G. H. Salinas, N. M. J. Flores, L. R. Gutiérrez (2007): *Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el altiplano de Zacatecas*, Campo Experimental Zacatecas, Cironoc-INIFAP (Folleto Científico núm. 11), 34 pp.
- GUTIÉRREZ, L. R., G. G. Medina, R. M. D. Amador y V. M. A. Velásquez (2007): "Estado productivo del pastizal mediano abierto en Zacatecas", en J. J. Martínez, M. Vásquez, A. Martínez, D. S. Berúmen. y R. Santana R. (eds.), *Memorias de la XIX Semana Internacional de Agronomía*.

- FAZ-UJED. 28 al 30 de Noviembre. Gómez Palacio, Dgo. México*, pp. 340-348.
- GUTIÉRREZ, L.R., G. G. Medina, R. M. D. Amador y M. A. Flores (2008): *Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas (Otoño 2008)*, México, Campo Experimental Zacatecas-Cirnoc-INIFAP (Folleto Informativo núm. 61), 36 pp.
- SÁNCHEZ, B. C. (1984): "Effects of livestock grazing and exclusion on infiltration and sediments yields for different range sites on El Plateado Watershed. Zacatecas, México". Ph. D. Dissertation, New Mexico State University, Las Cruces, Nuevo México.
- SERNA, A. y F.G. Echavarría (2002): "Caracterización hidrológica de un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. I. Pérdida de suelo", en *Técnica Pecuaria en México*, vol. 40, pp. 37-53.
- THUROW, T. L, W. H. Blackburn y C. A. Taylor (1986): "Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems, Edwards Plateau, Texas", en *Journal Range Manage*, vol. 39, pp. 505.-509.
- VELÁSQUEZ, M. A., y R. L. Gutiérrez (2010): *Informe final de Investigación del Proyecto: Validación de tecnologías para conservar y mejorar las condiciones productivas de los agostaderos de uso común en el estado de Zacatecas*, INIFAP-Cirnoc-Cezac.

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE RECONVERSIÓN PRODUCTIVA CON EL COMPONENTE DE AGRICULTURA BAJO CONTRATO PARA EL ORDENAMIENTO EN EL ESTADO DE ZACATECAS EN EL CICLO PV 2014

*Jesús Vallejo Díaz**
*Jaime Morales Dávila***

RESUMEN

La estrategia de reconversión productiva con el componente de agricultura bajo contrato tiene como objetivo contribuir al ordenamiento de las actividades agrícolas en el estado de Zacatecas. Un primer año de actividades se planteó los siguientes objetivos:

- Sustituir la presencia del cultivo de frijol en 36 mil hectáreas, sustituyéndolo por cultivos acordes al potencial productivo y agroambiental de la región, con certidumbre comercial bajo agricultura por contrato, con precios preestablecidos que permite el análisis de costo beneficio para la toma de decisiones del productor con base en rentabilidad.

* Subsecretario de Agricultura, Secretaría del Campo. Gobierno del Estado de Zacatecas (Secampo). Morelos, Zac., México. C.P. 98053; e-mail: <secampo@zacatecas.gob.mx>.

**Director de Agricultura, Secretaría del Campo. Gobierno del Estado de Zacatecas (Secampo). Morelos, Zac., México. C.P. 98053; e-mail: <secampo@zacatecas.gob.mx>.

- La integralidad de los instrumentos de respaldo institucional (programas, componentes y recursos) orientados al ordenamiento territorial y fortalecimiento de los eslabones de la cadena productiva de cebada, trigo, girasol y maíz.
- La inserción de los productores en esquemas de agricultura por contrato y coberturas, creando alianzas estratégicas de mediano y largo plazo con empresas del sector público, vinculadas a la comercialización.

Los resultados se pueden resumir así:

- Contribuyó al ordenamiento a la cadena productiva de frijol. La sustitución de 36 mil hectáreas redujo la sobreoferta de frijol en al menos 30 mil toneladas, impactando favorablemente los precios, llegando en el caso del frijol negro a un precio pagado por los intermediarios de 9 700.00 pesos por tonelada y soportó los 8 000.00 pesos por tonelada que determinó Aserca para frijoles claros y pintos.
- Indujo la integración de insumos estratégicos y servicios en el paquete tecnológico (semilla, bioinsumos, asistencia técnica, seguro agropecuario, coberturas), que redujeron costos e incrementaron rendimientos, impactando favorablemente los ingresos de los productores.

INTRODUCCIÓN

En seguimiento a la estrategia de ordenamiento territorial productivo que el Gobierno del Estado ha venido instrumentando en la presente administración, de inducir procesos de planeación integral en las áreas cultivadas bajo condiciones de temporal que respondan a las características de clima, aptitud

del suelo, registro de precipitaciones, vocación de los productores y sustentado en una clara visión de las demandas del mercado, durante el ciclo primavera verano 2014, se vertebró la concurrencia institucional de los gobiernos federal y estatal, así como la participación de industriales del sector privado, con el objeto de armonizar recursos, coincidencia de tiempos de ejecución oportuna y congruente de las acciones, participación institucional, criterios de reglas de operación, que facilitara la diversificación de las áreas cultivadas de frijol por especies vegetales más aptas, rentables, con mayor certidumbre productiva y de comercialización.

En este contexto, bajo la denominación de Programa de Diversificación Productiva se determinó la intervención en 40 mil hectáreas, que tradicionalmente se cultivan con frijol y que recurrentemente su cosecha enfrenta serias dificultades para su desplazamiento comercial ante el bajo precio que causa una sobreoferta. Se logró modificar el patrón de cultivos en 36 mil hectáreas, en las que se establecieron cultivos como cebada, trigo, girasol y maíz amarillo, con la participación de 2 599 productores.

La puesta en marcha de una estrategia de esta naturaleza demandó la participación coordinada de instituciones y dependencias del gobierno federal, estatal y municipal, a través de diversas subsecretarías y direcciones generales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; el Fideicomiso de Riesgo Compartido (Firco); Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (Aserca); INIFAP; y la Secretaría del Campo del Gobierno del estado de Zacatecas.

Demandó también el consenso y firma de acuerdos y convenios de participación de las instancias de gobierno con empresas de la iniciativa privada como Anheuser-Busch InBev Grupo Modelo a través de Impulsora Agrícola, Grupo Bimbo,

Consorcio PepsiCo-Sabritas, Sesajal, Trimex, Treagro y Molinos del Fénix.

En este proceso, la suma de voluntades y esfuerzos de vinculación y participación aportados por las instituciones y de la iniciativa privada como eslabones sustantivos para el fortalecimiento de las cadenas productivas de cebada, trigo, maíz y girasol, fueron fundamentales para integrar plenamente la participación de los productores organizados a través de los consejos estatales de los Sistema Producto, así como la Federación Estatal de Ingenieros Agrónomos, en la capacitación y coordinación de los trabajos de acompañamiento técnico, contándose también con la intervención de proveedores de insumos, dieron pauta para armar el complejo rompecabezas que representa concurrir a diferentes programas, con reglas y tiempos de ventana divergentes entre sí, con administración dispersa de recursos presupuestados en componentes que se manejan en diferentes direcciones y subsecretarías, que atienden de manera aislada a una demanda específica y que responden a un interés de gasto por el origen presupuestal que se les asigna.

Esta reconocida disposición de todos los actores públicos y privados de concurrir al establecimiento de una estrategia integral del Programa de Diversificación Productiva hizo posible:

- *Cebada*. El establecimiento en el ciclo primavera-verano 2014 de 17 636 hectáreas de cebada maltera, superficie que aportó más de 22 mil toneladas para el abasto de la planta cervecera más grande a nivel mundial ubicada en Calera, Zacatecas; planta que de acuerdo con su capacidad instalada, demanda un volumen anual de 80 mil toneladas que tradicionalmente provenían de otros estados de la república y del extranjero.

Los incentivos para la inducción de esta superficie se basaron en apoyo al paquete tecnológico para el uso

de semilla certificada puesta en zona de producción; 75 por ciento de incentivo sobre el valor comercial de bioinsumos (Firco-Gobierno del Estado); acompañamiento técnico con ingenieros agrónomos, previa evaluación de habilidades y conocimientos (Sagarpa-Gobierno del Estado); el respaldo de agricultura por contrato a un precio garantizado de 4 000.00 pesos por tonelada (IASA-Consejo SP Cebada); apoyo al 100 por ciento de la cobertura (Aserca-Gobierno del Estado) y Centros de Acopio para la Cosecha en Zona de Producción; y seguro agropecuario (Sagarpa-Gobierno del Estado).

- *Trigo*. En respaldo al abasto de la industria molinera, se logró la relación comercial de los productores con industrias como Trimex, Treagro, Molinos El Fénix y Grupo Vida, para la colocación de más de 17 mil toneladas de trigo panificable cosechadas en 10 mil hectáreas.

Los incentivos para el establecimiento de esta superficie se basaron en apoyo al paquete tecnológico para el uso de semilla certificada preferente por cada industria; introduciendo comercialmente la variedad Luminaria, que presentó un sobreprecio de compra del 10 por ciento dado el nivel de proteína presente; 75 por ciento de incentivo sobre el valor comercial de bioinsumos (Firco-Gobierno del Estado); acompañamiento técnico con ingenieros agrónomos previa evaluación de habilidades y conocimientos (Sagarpa-Gobierno del Estado); el respaldo de agricultura por contrato con un precio sujeto a la variación del comportamiento del mercado internacional, con un precio de ingreso objetivo de 4 000.00 pesos por tonelada a quienes contrataron coberturas (molineras-productores organizados); apoyo al 100 por ciento de la cobertura (Aserca-Gobierno del Estado); y seguro agropecuario (Sagarpa-Gobierno del Estado).

- *Girasol.* El establecimiento 3 963 hectáreas de girasol, que aportó cerca de 3 mil toneladas para su procesamiento en aceite y que el incremento de superficie de esta oleaginosa obedece a un esfuerzo gradual que el Grupo PepsiCo-Sabritas ha venido probando con buenos resultados, que permitió pasar de 500 hectáreas sembradas el ciclo pasado a la superficie ya señalada, en la que se incorporó la empresa Semillas de Sésamo de Jalisco (Sesajal).

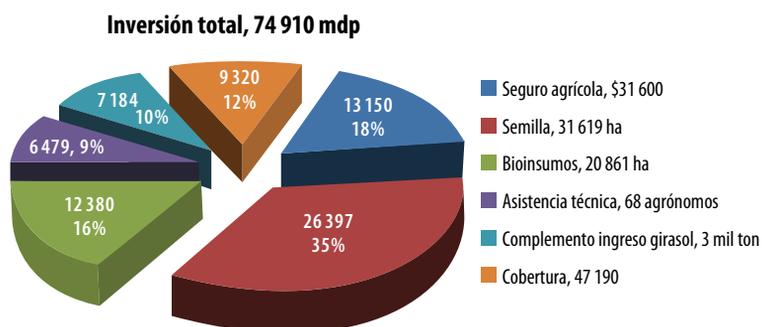
Los incentivos para la inducción de esta superficie se basaron en apoyo al paquete tecnológico para el uso de semilla certificada puesta en zona de producción; 75 por ciento de incentivo sobre el valor comercial de bioinsuños (Firco-Gobierno del Estado); acompañamiento técnico con ingenieros agrónomos, previa evaluación de habilidades y conocimientos (Sagarpa-Gobierno del Estado); el respaldo de agricultura por contrato a un precio garantizado de 6 500.00 pesos por tonelada (PepsiCo-Productores) y de 6 000.00 pesos por tonelada (Sesajal-Productores); con un apoyo complementario de 1 500.00 pesos por tonelada (a través de la Sagarpa); apoyo con cabezales apropiados para la cosecha del girasol y Centros de Acopio para la Cosecha en Zona de Producción y seguro agropecuario (Sagarpa-Gobierno del Estado).

- *Maíz.* Con la finalidad de sustituir importaciones de maíz amarillo, gramínea en la que se tiene un serio déficit para el abasto de la ganadería y avicultura nacional, se promovió y logró el establecimiento de 4 467 hectáreas con maíz amarillo; bajo esquemas de agricultura por contrato para más de 36 mil toneladas, con la expectativa de precio determinado por el mercado internacional al momento de contratar la cobertura; el cual, con el complemento por tonelada otorgado por Aserca a través del Ingreso Objetivo, el productor finalmente obtuvo un ingreso de 3 300.00 pesos por tonelada.

En este cultivo, el incentivo otorgado fue el 85 por ciento del valor de la cobertura contratada, incentivo otorgado a través de Aserca.

En resumen las inversiones realizadas y cobertura por cada línea de acción/componente se presentan en la figura 1.

Figura 1. Inversiones realizadas y cobertura por cada línea de acción/componente en el Programa de Diversificación Productiva para el Ordenamiento en el estado de Zacatecas en el ciclo PV 2014



En resumen, la puesta en marcha de esta estrategia inició en:

- Sustituir la presencia del cultivo de frijol en 36 mil hectáreas, sustituyéndolo por cultivos acordes al potencial productivo y agroambiental de la región, con certidumbre comercial bajo agricultura por contrato, con precios preestablecidos que permite el análisis de costo-beneficio para la toma de decisiones del productor con base en rentabilidad.
- La integralidad de los instrumentos de respaldo institucional (programas, componentes y recursos) orientados al ordenamiento territorial y fortalecimiento de los

eslabones de la cadena productiva de cebada, trigo, girasol y maíz.

- La inserción de los productores en esquemas de agricultura por contrato y coberturas, creando alianzas estratégicas de mediano y largo plazo con empresas del sector público, vinculadas a la comercialización.
- Contribuyó al ordenamiento a la cadena productiva de frijol. La sustitución de estas 36 mil hectáreas redujo la sobreoferta de frijol en al menos 30 mil toneladas, impactando favorablemente los precios, llegando en el caso del frijol negro a un precio pagado por los intermediarios de 9 700.00 pesos por tonelada y soportó los 8 000.00 pesos por tonelada que determinó Aserca para frijoles claros y pintos.
- Indujo la integración de insumos estratégicos y servicios en el paquete tecnológico (semilla, bioinsumos, asistencia técnica, seguro agropecuario, coberturas), que redujeron costos e incrementaron rendimientos, impactando favorablemente los ingresos de los productores.

Por último, comentar que, derivado de la experiencia del ciclo primavera-verano, se ha planteado una meta para este ciclo PV 2015 de 70 mil hectáreas, en la que se tiene la intención manifiesta de AB InBev Grupo Modelo a través de Impulsora Agrícola de incrementar el programa de compra para la cosecha de cebada maltera en 40 mil hectáreas; en el caso del girasol, PepsiCo, Sesajal y AAK de México plantean la siembra de al menos 10 mil hectáreas; y por parte de las diversas molineras plantean la contratación de hasta 20 mil hectáreas de trigo panificable.

Por parte de los recursos concurrentes Federación-Estado, se estará aprobando la totalidad de proyectos que se vinculen a mejorar los procesos de siembra, cosecha y acondicionamiento del grano de estos cultivos.

Reconversión productiva
para el ordenamiento agropecuario,
de Francisco G. Echavarría Cháirez (compilador),
se terminó de imprimir y encuadernar
en julio de 2015.
Tiraje: 1 000 ejemplares.

QUE EL SABER SIRVA AL CAMPO

A principios de los años setenta del siglo pasado, en nuestro país se impulsaron diversas políticas públicas destinadas a incrementar la producción agrícola mediante la ampliación de la superficie laborable; en consecuencia, se abrieron al cultivo suelos con baja aptitud productiva para la agricultura que han requerido y demandan una reconversión productiva.

Las opciones para la reconversión van desde el cambio de un solo componente tecnológico hasta un sistema de producción completo, con un plan de reordenamiento agropecuario, que considere tanto información ecológica como de carácter socioeconómico, así como responder diversas preguntas, como cuánta superficie, dónde, con qué cultivos y con quiénes entablar dicho proceso.

La intervención tecnológica para la reconversión deberá enfocarse en detener la degradación de suelos, de manera paulatina, y, alcanzado un mínimo de estabilidad, iniciar la restauración de los mismos.

Concretar la reconversión productiva demanda la participación de diversos actores, destacando los productores, los investigadores, y las instituciones federales y estatales. Este compendio reúne experiencias para impulsar esa reconversión.