



SECRETARÍA DE
AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SAGARPA

inifap

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE
CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ

LABRANZA DE CONSERVACION EN CONDICIONES DE RIEGO EN EL ALTIPLANO POTOSINO



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

SECRETARIO

C. Javier Bernardo Usabiaga Arroyo

SUBSECRETARIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
Ing. Victor Villalobos Arámbula

SUBSECRETARIO DE DESARROLLO RURAL
Ing. Antonio Ruiz García

SUBSECRETARIO DE PLANEACION
Lic. Juan Carlos Cortes García

SUBSECRETARIO DE PESCA
C. Jerónimo Ramos Sáenz

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

DIRECTOR GENERAL

Dr. Jesús Moncada de la Fuente

COORDINADOR GENERAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
Dr. Ramón A. Martínez Parra

DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACION AGRICOLA
Dr. Rodrigo Aveldaño Salazar

DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACION PECUARIA
Dr. Carlos A. Vega y Murguía

DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACION FORESTAL
Dr. Hugo Ramírez Maldonado

DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACION
Dr. David Moreno Rico

CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE

DIRECTOR REGIONAL

Dr. Luis Angel Rodríguez del Bosque

DIRECTOR DE INVESTIGACION
Dr. Jorge Elizondo Barrón

DIRECTOR DE ADMINISTRACION
C.P. Manuel A. Ortega Vieyra

DIRECTOR DE COORDINACION Y VINCULACION ESTATAL
EN SAN LUIS POTOSI
M.C. José Luis Barrón Contreras

JEFE DEL CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ
M.C. Victor Maya Hernández

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

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL
NORESTE**

CAMPO EXPERIMENTAL PALMA DE LA CRUZ

**LABRANZA DE CONSERVACION EN
CONDICIONES DE RIEGO EN EL
ALTIPLANO POTOSINO**

Dr. Miguel Angel Martínez Gamiño
Investigador en Labranza de Conservación y
Ferti-riego

Folleto Técnico Núm. 18
San Luis Potosí, S.L.P., México. Enero de 2002

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
DESARROLLO METODOLOGICO	3
RESULTADOS	4
Densidad aparente e infiltración	4
Humedad del suelo	5
Materia orgánica y relación carbono/nitrógeno	7
Rendimiento	8
Relación beneficio/costo	12
CONCLUSIONES	13
LITERATURA CITADA	14

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Densidad aparente con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	4
Figura 2. Velocidad de infiltración con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	5
Figura 3. Humedad del suelo (0-20 cm) durante el cultivo de avena forrajera con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	6
Figura 4. Humedad del suelo (0-20 cm) durante el cultivo de maíz con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	6
Figura 5. Materia orgánica con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	7
Figura 6. Relación carbono/nitrógeno con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	8
Cuadro 1. Rendimientos en la rotación maíz-avena forrajera de riego con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	9
Cuadro 2. Relación beneficio/costo (B/C) en la rotación maíz-avena forrajera de riego con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.	12

LABRANZA DE CONSERVACION EN CONDICIONES DE RIEGO EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Miguel Ángel Martínez-Gamiño¹

INTRODUCCION

En el Altiplano Potosino, tradicionalmente se ha recomendado el barbecho y uno o dos pasos de rastra como la única alternativa en la preparación del terreno sin considerar el tipo de suelo, cultivo y condición de humedad (riego o temporal). Al invertir el perfil con el barbecho y desmenuzar los terrones con la rastra, la estructura y porosidad se destruyen dejando la superficie del suelo completamente desprotegida contra la acción erosiva de la lluvia y del viento, la infiltración del agua se hace más lenta y se incrementa la pérdida de la materia orgánica. Lo anterior ha provocado, en la mayoría de los casos, erosión, baja capacidad para captar y retener el agua, pérdida gradual en la fertilidad del suelo, reducción en las cosechas e incrementos en los costos de producción.

La labranza de conservación es una alternativa en la preparación del suelo que permite conservar los recursos naturales suelo y agua y reducir costos de producción para implementar, paulatinamente, una agricultura de conservación con un enfoque sostenible. Este método de preparación del suelo considera que se tiene que dejar un mantillo con residuos de cosecha que cubra por lo menos un 30% de la superficie del suelo, lo cual se convierte en una fuerte limitante para su adopción por parte de los productores en el Altiplano Potosino, debido al empleo que dan a los residuos de cosecha como forraje en la alimentación del ganado. Por otra parte, al realizar la siembra en forma directa no se contempla la formación de surcos, dificultando principalmente la aplicación de riegos por gravedad.

¹ Dr. Investigador del C. E. Palma de la Cruz. CIRNE-INIFAP.

Para solventar estos dos inconvenientes se consideró un sistema de producción con una rotación maíz-avena forrajera con la finalidad de incrementar la cantidad y calidad de forraje y de esta forma el productor opte por dejar al menos una tonelada de rastrojo por hectárea como cobertura. Otra adecuación fue el realizar camas de siembra con surcos para facilitar los riegos. En el presente documento se presentan los resultados en características del suelo, rendimiento y análisis financiero, obtenidos con las adecuaciones a la labranza de conservación anteriormente señaladas en una rotación maíz-avena forrajera en condiciones de riego en el Altiplano Potosino.

ANTECEDENTES

“La verdad es que nadie ha expuesto jamás una razón científica para arar”. Esta frase fue mencionada por Edward H. Faulkner en la década de los 40's y fue grandemente criticado por sus contemporáneos (Faulkner, 1974). No obstante, en la actualidad se le está dando la razón al cuestionar la eficiencia del uso del arado para producir cosechas. Se han desarrollado técnicas como la labranza de conservación con excelentes resultados en varias regiones del mundo, pero al igual que el barbecho y rastreo tradicional no se le debe aceptar sin evidencias científicas locales (Braunack y Dexter, 1989 y Navarro et al., 2000).

Con sus trabajos de investigación, Faulkner demostró que la erosión, el empobrecimiento de los suelos y la reducción en rendimiento, son el resultado de prácticas inadecuadas en la preparación del suelo por parte de los agricultores. Desafió el adelanto tecnológico de su tiempo de cómo producir cosechas, manifestando que el arado es y ha sido el principal enemigo de los cultivos. Aseguró que al dejar los residuos del cultivo anterior en la superficie, en lugar de enviarla al fondo del perfil del suelo invertido por el arado, y por efectos del intemperismo se produciría la materia orgánica necesaria para el próximo cultivo. Por más de un siglo, tanto científicos como productores han aceptado

el uso del arado, sin ninguna reserva, en la producción agrícola a escala mundial (Phillips et al., 1980 y Figueroa, 1983).

La labranza de conservación es una de las opciones más viables para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, así como de la producción de cosechas (Lal et al, 1990). Con la labranza de conservación se protege al suelo de la erosión hídrica y eólica y se reducen las pérdidas de nutrimentos, se incrementa la materia orgánica, la velocidad de infiltración, la flora y fauna del suelo, y se retiene mayor cantidad de agua aprovechable para los cultivos por más tiempo (Mannering y Fenster, 1983 y Benites, 1992).

Las principales limitantes para la adopción de la labranza de conservación en las zonas semiáridas del Centro Norte de México, son: baja difusión de ésta tecnología entre los productores, necesidad de maquinaria especializada, empleo de herbicida y sobre todo la utilización de los esquilmos como forraje para el ganado (Osuna, 2000). El empleo de los residuos de cultivos es un factor clave para el éxito de la labranza de conservación, dado que entre mayor sea la cantidad de residuos en la superficie, mayor será la protección del suelo contra la erosión. El uso de los residuos de cosecha como alimento del ganado es una fuerte limitante, principalmente en la zona Centro Norte del país, por lo que se deben generar opciones que contemplen sistemas de producción en donde se diversifique e incremente la cantidad de forraje producido (Erenstein, 1999 y Martínez-Gamiño, 2000).

DESARROLLO METODOLOGICO

Se compararon los siguientes métodos de labranza: labranza tradicional (B + R), labranza con inversión de los primeros 10 cm (R), labranza sin inversión de los primeros 10 cm (C), labranza cero y 0% cobertura (LC + 0% C), labranza cero y 33% cobertura (LC + 33% C), labranza cero y 66% cobertura (LC + 66% C) y labranza cero y 100% cobertura (LC + 100% C). Se utilizó un diseño de bloques al

azar con dos repeticiones. Se evaluó la densidad aparente, infiltración, humedad del suelo, relación carbono/nitrógeno, materia orgánica, rendimiento y relación beneficio/costo. Para cada cultivo se aplicó el paquete tecnológico recomendado por INIFAP.

RESULTADOS

Densidad aparente e infiltración

Una de las bondades de mantener el suelo sin inversión del perfil es la conservación del estado de agregación de las partículas. Al conservar la estructura del suelo, la densidad aparente (D_a) y más específicamente, la porosidad, permite mantener mejores condiciones para el movimiento del aire y agua y desarrollo de las raíces. El barbecho continuo destruye la porosidad, provocando un aumento en la densidad aparente y una reducción en la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Los tratamientos con B+R, R y C registraron los valores más altos de D_a en el perfil del suelo de 0-5 cm (1.25, 1.34 y 1.34 g/cm^3) en comparación con los obtenidos con LC + 0% C y LC + 100% C (1.19 y 1.15 g/cm^3) (Figura 1). Esto demuestra el trabajo realizado por la agregación natural de las partículas de suelo, fauna y raíces en los tratamientos con labranza de conservación (LC) y que fue destruido por el barbecho y/o rastra.

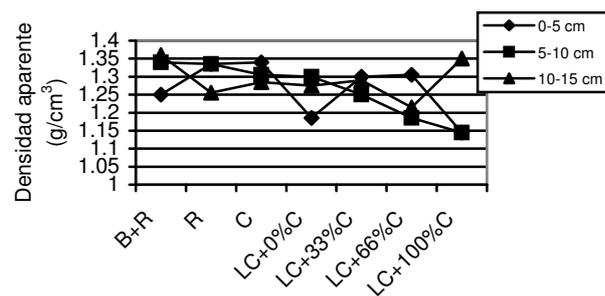


Figura 1. Densidad aparente con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Asociada con una menor D_a y mayor porosidad en los tratamientos de LC, la velocidad de infiltración, tanto inicial como final (9.35 y 1.0 cm/hr), obtenida con LC + 0% C fue definitivamente mayor a la obtenida con B+R (0.4 y 0.2 cm/hr) y que se presentan en la Figura 2. Esta lenta infiltración del agua con B+R fue evidente después de cada riego, en donde el agua tardaba hasta tres días para infiltrarse, mientras que en LC el agua se infiltraba en menos de una hora después de finalizar el riego.

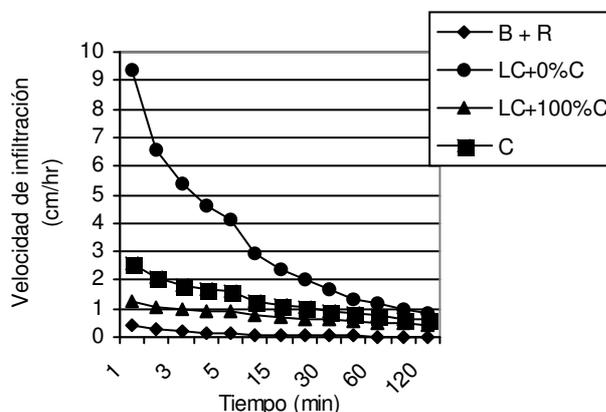


Figura 2. Velocidad de infiltración con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Humedad del suelo

En el caso de la avena, con LC + 100% C se tuvo una tendencia a mantener una mayor humedad en el suelo a los 68, 92 y 124 días después de la siembra, superando con 25.7, 17.4 y 56.9%, respectivamente la registrada con B+R. En ambos cultivos, al dejar residuos de cosecha en la superficie se provocó una mayor retención de humedad, debido a que los residuos de rastrojo redujeron la evaporación del agua (Figuras 3 y 4). El mayor contenido hídrico en la zona de raíces ocasionó, para el caso de maíz, reducir dos riegos con los tratamientos de labranza de conservación con relación al B+R. En el cultivo de la avena no se redujo el número de riegos dados a cada tratamiento.

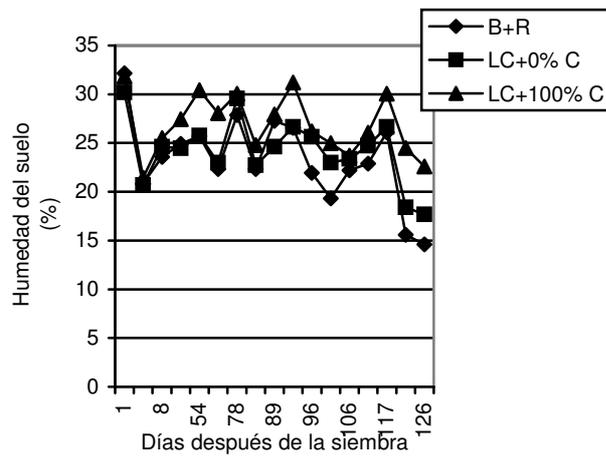


Figura 3. Humedad del suelo (0-20 cm) durante el cultivo de avena forrajera con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

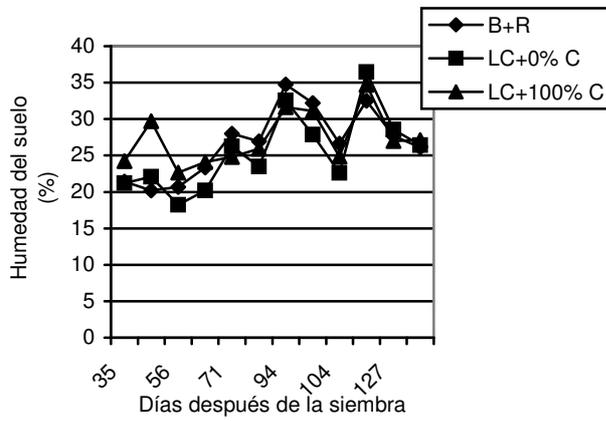


Figura 4. Humedad del suelo (0-20 cm) durante el cultivo de maíz con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Materia orgánica y relación carbono/nitrógeno

La acumulación de materia orgánica (MO) en suelos agrícolas es el resultado de la descomposición de los residuos vegetales y animales. Al barbechar y/o rastrear un suelo se evita la formación de una cubierta orgánica en la superficie del suelo. Una de las bondades de estas cubiertas es la reducción de la evaporación directa del agua como se observó en los resultados de humedad del suelo (Figuras 3 y 4). El contenido de MO en este estudio registró un incremento lógico con los tratamientos de LC con cobertura, es decir que para el estrato de 0-5 cm, el porcentaje de MO se incrementó en cuatro años de 2.5% en B+R a 3.1% en LC + 100% C. Dado que no hay inversión del perfil en LC, la cantidad de MO en los estratos de 5-10 y de 10-25 cm se mantuvo en el mismo contenido que el resto de los tratamientos, incluyendo B+R (Figura 5).

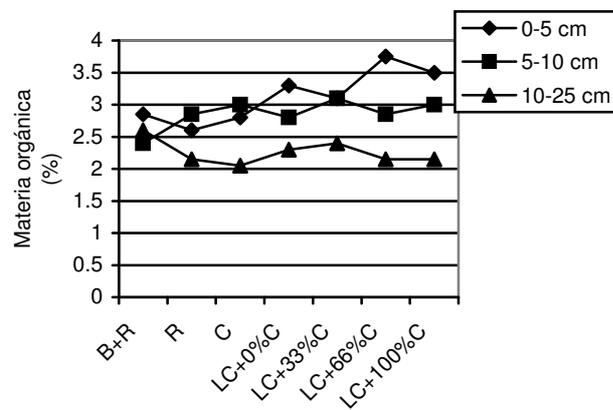


Figura 5. Materia orgánica con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

La formación de una cubierta orgánica en la superficie del suelo llega a presentar inconvenientes, en cuanto a la disponibilidad del nitrógeno para los cultivos, dado que para descomponer los tejidos vegetales se

requiere la acción microbiana, la que a su vez demanda también del nitrógeno existente en el suelo. Un parámetro para determinar la cantidad de residuos en el suelo que está en equilibrio con la demanda de nitrógeno de los microorganismos, es la relación carbono/nitrógeno (C/N). En la Figura 6 se aprecia una tendencia a incrementar en 31% el valor de C/N en los tratamientos con cobertura en relación al B+R para el estrato de 0-5 cm, por lo que la competencia por nitrógeno entre el cultivo y los micro-organismos que mineralizan el rastrojo aumentó en los tratamientos con LC y residuos de cosecha. Este efecto negativo en la disponibilidad de nitrógeno fue más evidente en el cultivo de avena, dado que fue el cultivo inmediato a la aplicación del rastrojo y cuyos resultados se analizarán a continuación.

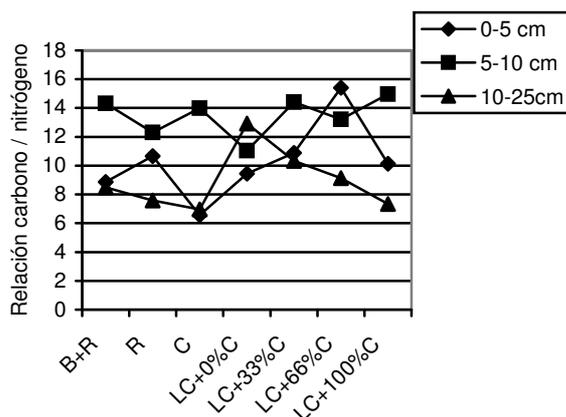


Figura 6. Relación carbono/nitrógeno con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Rendimiento

Los rendimientos obtenidos en la rotación maíz-avena forrajera en el Altiplano Potosino se presentan en el Cuadro 1. La producción de avena forrajera en el ciclo

otoño-invierno fue estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) con los diferentes métodos de labranza evaluados. Se presentó una tendencia a incrementar la productividad del cultivo de avena forrajera con LC + 0% C en un 16% con respecto a B+R, lo cual resulta ser un indicador de que la destrucción de la estructura del suelo al invertir el perfil del suelo con el barbecho y luego pulverizar los terrones con la rastra, para formar una cama de siembra mullida y suave, no es una condicionante para la germinación, emergencia, establecimiento, desarrollo y producción del cultivo de avena. A partir de la introducción del arado como implemento de barbecho se ha mantenido la afirmación de que dicha acción ha sido siempre benéfica para los cultivos, pero sin evidencias científicas. Sin embargo, no se debe descartar por este hecho el uso del barbecho a priori, pues el rendimiento obtenido con B+R (5.922 ton/ha) está entre los más altos para el caso de la avena.

Cuadro 1. Rendimientos en la rotación maíz-avena forrajera de riego con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Tratamientos	Avena forrajera (MS) ton/ha	Maíz grano (14% H) ton/ha	Maíz rastrojo (MS) ton/ha	Forraje total (MS) ton/ha
Barbecho + rastra	5.922a	3.604c	7.035a	12.957
Rastra	3.633a	4.638bc	7.592a	11.225
No inversión de suelo	6.030a	6.008ab	10.376a	16.406
Labranza cero + 0 % de cobertura	6.874a	6.743a	9.677a	16.551
Labranza cero + 33% de cobertura	5.403a	6.414ab	10.499a	15.902
Labranza cero + 66% de cobertura	4.888a	6.871a	10.466a	15.354
Labranza cero + 100% de cobertura	3.894a	6.472a	10.273a	14.167

Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, ($p \leq 0.05$).

Es importante señalar que con R y LC + 100% C se obtuvo una reducción en el rendimiento de avena de 39 y 34%, respectivamente en comparación con B+R. Para el caso de la R, esto se explica por la mayor compactación del perfil del suelo después de los primeros 20 cm, es decir que la rastra invirtió el perfil del suelo solamente en dicho estrato, pero debajo de esta capa la compactación del suelo se incrementó, impidiendo un adecuado desarrollo radical en la avena. En cuanto al tratamiento con LC + 100% C, la reducción de 34% en el rendimiento en relación con B+R, fue el resultado de una mayor competencia de la avena con los microorganismos encargados de descomponer el rastrojo aplicado en la superficie del suelo.

En la producción de maíz para grano se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El mejor rendimiento se registró en LC + 66% C con 6.871 ton/ha, lo que representó un aumento del 90% en relación con el B+R. Para el caso del maíz la cobertura de rastrojo en el suelo demostró ser un agente que influyó básicamente en mayor retención de humedad en el suelo, aporte de nutrientes y mejores condiciones físicas del suelo que favorecieron un mejor desarrollo del maíz en los tratamientos con LC.

La principal diferencia en la respuesta a los métodos de labranza entre la avena y maíz es la mayor demanda evapotranspirativa en el ciclo primavera-verano, época en que se cultivó el maíz, a la del otoño-invierno, cuando se desarrolló la avena. Durante el ciclo de maíz, el rastrojo redujo la evaporación del agua, incrementando la humedad del suelo disponible al cultivo como se discutió anteriormente, provocando mejores rendimientos de maíz.

De hecho, para el caso de la avena forrajera no se tuvo una reducción en el número de riegos entre tratamientos, mientras que en el caso del maíz se obtuvo un ahorro de dos riegos en los tratamientos con LC, en relación con aquellos en donde el suelo no se protegió con residuos de cosecha. Las mejores condiciones de humedad en el suelo de los tratamientos con LC respecto al B+R fue la

principal causa en la diferencia en el rendimiento de maíz para grano y rastrojo.

La disponibilidad de rastrojo en este sistema de producción (Rotación maíz-avena forrajera de riego) es de vital importancia para la implementación de la labranza de conservación con residuos de cosecha en la superficie del suelo, debido a la cultura de empleo de este esquilmo como alimento para el ganado por parte de los productores.

Estadísticamente no se tuvieron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en el rendimiento de rastrojo; sin embargo, con LC + 33% C y LC + 66% C la producción se incrementó en un 49% en relación con la registrada en B+R. Esta diferencia de 3.448 ton/ha equivale a la posibilidad de dejar una cobertura de rastrojo de 2.0 ton/ha para obtener una cobertura del 50% de la superficie del suelo, sin reducir la cantidad de rastrojo que se cosechó con B+R (7.035 ton/ha). Es más, de acuerdo a los datos obtenidos, después de dejar las 2.0 ton/ha como cobertura en los tratamientos con LC + 33% C y LC + 66% C, se dispondría de 8.483 ton/ha como forraje para el ganado, lo cual es 20% mayor al rastrojo cosechado con B+R.

El tratamiento C, en donde se utilizó el multiarado y no se invirtió el perfil y no se emplearon residuos de cobertura, sobresalió por los rendimientos de avena forrajera, maíz grano y rastrojo. Este método de labranza es recomendable en suelos que se compactan demasiado y con problemas de drenaje, además de que se da la posibilidad de un incremento en el rendimiento tanto de avena como de maíz grano y consecuentemente de rastrojo al dejar una cobertura de residuos equivalente al 50% con 2 ton/ha.

Al considerar el rendimiento de rastrojo y avena forrajera, fue evidente que la disponibilidad de forraje se incrementó hasta un 20% con LC + 33% C y LC + 66% C en comparación con B+R, sin descartar que el mayor incremento con respecto a éste último tratamiento se registró con C y LC + 0% C con 27%. Sin embargo, la bondad de dejar residuos de cosecha en la superficie del suelo se justifica por el ahorro de agua de riego durante el ciclo del maíz, así como el incremento

en la materia orgánica y en la conservación o mejoramiento de la estructura del suelo.

Relación beneficio/costo

La relación beneficio/costo (B/C) en este sistema de producción agrícola, así como los costos de producción por hectárea se presentan en el Cuadro 2. Los menores costos totales de producción, \$7,129, 7,221 y 7,601 se obtuvieron en los tratamientos LC + 0% C, R y C, para una reducción de 12, 11 y 6% en relación con los costos del B+R. Al obtener la relación B/C, el mejor tratamiento fue el de LC + 0% C con 3.74, seguido por C con 3.34 y LC + 33% C con 3.14, contra 2.27 del B+R. Lo anterior implica que para el caso de los tratamientos de LC con residuos de cosecha, los costos de producción se incrementaron a causa del valor económico considerado a la cantidad de rastrojo empleado como cobertura del suelo.

Cuadro 2. Relación beneficio/costo (B/C) en la rotación maíz- avena forrajera de riego con diferentes métodos de labranza en el Altiplano Potosino.

Tratamientos	Costos de producción (\$/kg)		Costos totales (\$/ha)	Ingresos brutos (\$/ha)	B/C
	Avena	Maíz			
Barbecho + rastra	0.65	1.18	8,097	18,363	2.27
Rastra	0.93	0.83	7,221	18,182	2.52
No inversión de suelo	0.58	0.68	7,601	25,418	3.34
Labranza cero + 0 % de cobertura	0.48	0.57	7,129	26,666	3.74
Labranza cero + 33% de cobertura	0.72	0.66	8,120	25,523	3.14
Labranza cero + 66% de cobertura	0.93	0.71	9,422	25,661	2.72
Labranza cero + 100% de cobertura	1.33	0.86	10,710	23,875	2.23

Es comprensible que al considerar el costo del rastrojo no se reflejen los mayores beneficios brutos de la LC con cobertura, los cuales en promedio superaron en \$7,229.00 a los obtenidos con B+R. Se debe buscar una estrategia motivacional para que los productores dejen residuos de cosecha en el suelo, dado los beneficios positivos en las características del suelo y rendimiento de maíz y rastrojo y que financieramente no se reflejan dado que no se considera un costo al suelo y nutrimentos perdidos por erosión y la destrucción de la estructura del suelo, factor detonante para mejorar las condiciones físicas del suelo, entre otras.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten resaltar las siguientes conclusiones:

En la rotación maíz-avena forrajera en condiciones de riego en el Altiplano Potosino, LC + 100% C en relación con el B+R mejoró la estructura del suelo de tal forma que permitió obtener una reducción del 8 y 50% en la densidad aparente e infiltración respectivamente, así como diferencias hasta del 57% en la humedad del suelo, lo cual se reflejó en un incremento del 24 y 80% en la materia orgánica y rendimiento de maíz respectivamente y los costos de producción se redujeron en un 24%.

La producción de rastrojo con LC + 33% C se incrementó en un 49% en relación con la registrada en B+R. Esta diferencia de 3.464 ton/ha equivale a la posibilidad de dejar dos toneladas de rastrojo por hectárea para obtener una cobertura del 50% de la superficie del suelo, sin reducir la cantidad que se cosecha de rastrojo con B+R.

Los mejores métodos de labranza desde un punto de vista financiero fueron LC + 0% C, C y LC + 33% C.

LITERATURA CITADA

- Benites, J.R. 1992. Clasificación de los sistemas de labranza. *In* FAO. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de suelos 66. FAO, Roma. Italia. Pp 7-8.
- Braunack. M.V y A.R. Dexter. 1989. Soil aggregation in the seedbed: a review. II. Effect of the aggregate sizes on plant growth. *Soil Tillage Res.* 14:281-298.
- Erenstein, O. 1999. La conservación de los residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco. Documento del NRG 99-01. México, D. F. CIMMYT. 35 p.
- Faulkner, E. H. 1974. Plowman's Folly. Oklahoma University Press. USA. 138 p.
- Figueroa, S.B. 1983. La investigación en labranza en México. *TERRA* 1:37-43.
- Lal, R., D.J. Eckert, N.R Fausey y W.M. Edwards. 1990. Conservation tillage in sustainable agriculture. *In* Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society, Ankey, Iowa. Pp 203-225.
- Mannering, J.V. y C.R. Fenster. 1983. What is conservation tillage. *Soil and Water Conservation.* 38:141-143.
- Martinez-Gamiño, M. A. 2000. "Sistema de producción con un enfoque sostenible para el Altiplano Potosino, México" *In* Quintero-Lizaola, R., Reyna-Trujillo, T., Corlay-Chee, L., Ibañez-Huerta, Abel y García Calderón, N.E. La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Chapingo, México. Pp 155-160.

- Navarro, B. A., B. Figueroa, S., V.M. Ordaz, Ch. y F. González, C. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *TERRA* (18)1:61-69.
- Osuna, C. E. S. 2000. Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas y semiáridas del Norte-Centro de México. Cuaderno de trabajo SIGHO. Querétaro, México. 45 p.
- Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye y H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.

**La información de este folleto fue generada
con el apoyo económico de:**

**Sistema de Investigación Miguel Hidalgo del
CONACYT**

y

Fundación Produce de San Luis Potosí, A.C.

En el proceso editorial de esta publicación participó el
siguiente personal:

**Comité Editorial del
Campo Experimental Palma de la Cruz**

Dr. Miguel Angel Martínez Gamiño

M.C. Jorge Urrutia Morales

M.C. Victor Maya Hernández

Revisión Técnica:

M.C. José Luis Barrón Contreras

Dr. Jorge Elizondo Barrón

M.C. Victor Maya Hernández

Edición:

M.C. Humberto Gámez Torres

Tipografía: T.S. María Teresa de Jesús Castilleja Torres

Formación: Jaime L. Bautista Pacheco

Fotografía: Archivo del C. E. Palma de la Cruz

SAGARPA-INIFAP-CIRNE

Campo Experimental Palma de la Cruz

Km 14.5 Carr. San Luis Potosí-Matehuala

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Oficinas: Av. Santos Degollado 1015 A

Col. Cuauhtémoc, C.P. 78270

San Luis Potosí, S.L.P.

Teléfono (444) 813 7923 Fax (444) 813 9151

e mail: funprod@prodigy.net.mx

Impresión: Enero de 2002
Tiraje: 500 ejemplares
Lugar: San Luis Potosí, S.L.P.
Clave: INIFAP/CIRNE A-214

Folleto Técnico Núm. 18

**GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL**

Lic. Fernando Silva Nieto

**SECRETARIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y
RECURSOS HIDRAULICOS**

Ing. José Manuel Rosillo Izquierdo

**DELEGACION ESTATAL DE LA SAGARPA
DELEGADO EN SAN LUIS POTOSI**

Ing. Héctor Rodríguez Castro

**FUNDACION PRODUCE DE SAN LUIS POTOSI, A. C.
PRESIDENTE**

Ing. Antonio Juan Chemás García

SECRETARIO

M. C. José Luis Barrón Contreras

TESORERO

Ing. Carlos T. Velázquez Osuna

GERENTE

Ing. Horacio A. Sánchez Pedroza

**PRESIDENTE DEL CONSEJO CONSULTIVO
REGION ALTIPLANO**

Sr. Jaime Esquivel Castro



**LA INFORMACIÓN DE ESTA PUBLICACIÓN
Y SU IMPRESIÓN FUERON FINANCIADAS
POR:
FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C., Y
SISTEMA DE INVESTIGACIÓN MIGUEL HIDALGO DEL CONACYT**

**FPSLP
FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.
AV. SANTOS DEGOLLADO No. 1015 altos
COL. CUAUHTEMOC, C.P. 78270
TEL. / FAX (444) 813- 3972 / 811-0185
SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.
fundprodsl@prodigy.net.mx**

**FPSLP
COORDINACIÓN REGIONAL ZONA HUASTECA
CARR. NACIONAL SUR No. 202, Local 5, esq. 2ª. Av.
FRACC. LOMAS ORIENTE, C.P. 79090
TEL. / FAX (481) 382-4228
CD. VALLES, S.L.P.
fundapro@prodigy.net.mx**