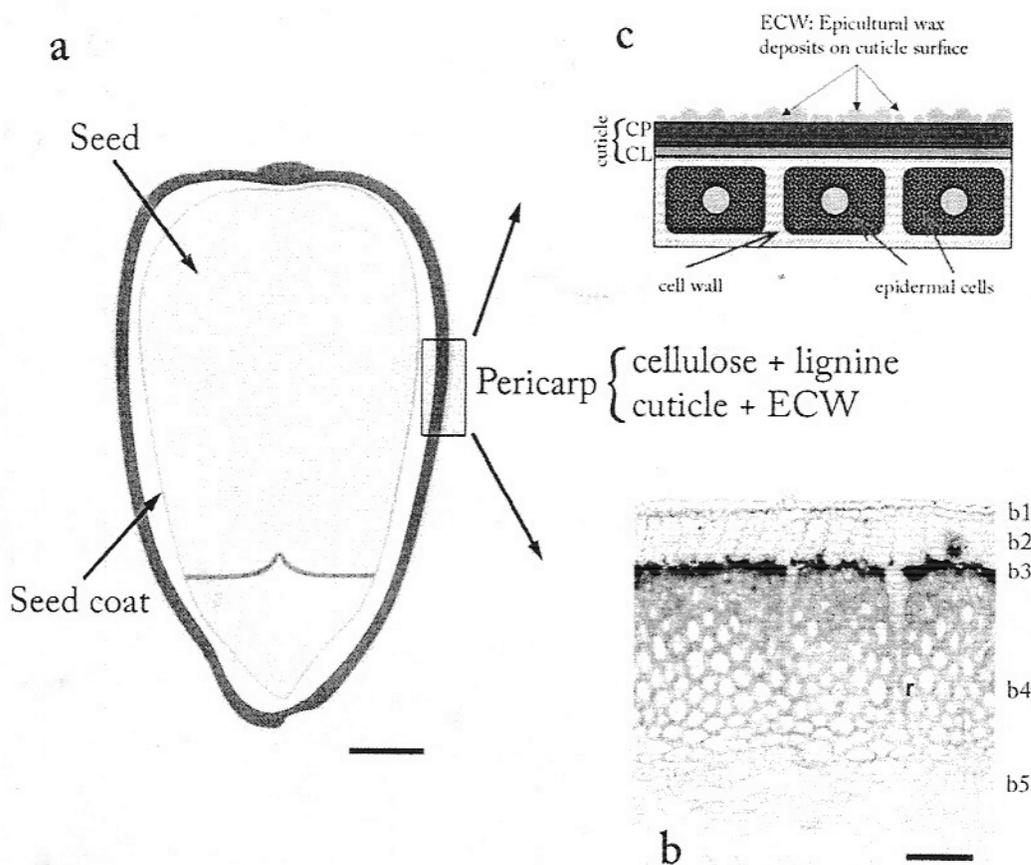


ΦΥΤΟΝ

REVISTA INTERNACIONAL DE BOTÁNICA EXPERIMENTAL
INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY

Vol. 79: 2010

ISSN print / impresa: 0031-9457
ISSN online / en línea: 1851-5657
F.I. = 0,171 (JCR 2009)



Founded in 1951 by
Miguel Raggio & Nora Moro Raggio
Published since 1961 by
FUNDACIÓN RÓMULO RAGGIO
ARGENTINA

www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar

Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero

Tillage systems and fertilization on yield of forage maize

López Martínez JD, C Vázquez Vázquez, E Salazar Sosa, R Zúñiga Tarango,
HI Trejo Escareño

Resumen. Se estima que el 15% de la superficie mundial sufre algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. Las causas más frecuentes de degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas. En México se ha dado muy poca importancia a la conservación del suelo como recurso no renovable. Éste se ha visto afectado entre otras causas por el uso excesivo de maquinaria agrícola; aproximadamente el 64% del territorio nacional sufre algún grado de deterioro. La Comarca Lagunera localizada en los estados de Durango y Coahuila, México, es la principal cuenca lechera del país, donde se producen anualmente 900.000 toneladas de estiércol bovino. Esto permite plantear la posibilidad de su utilización en la agricultura, lo cual permitiría reducir costos de producción y niveles de contaminación. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar (1) el efecto de la labranza de conservación, y (2) el uso de estiércol bovino sobre (a) las propiedades físicas del suelo, y (b) el rendimiento de maíz forrajero. En el ciclo primavera-verano 2007 fueron evaluados dos niveles de labranza: labranza tradicional y labranza de conservación, y cuatro niveles de fertilización. Se usó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias en la temperatura, humedad y resistencia al corte asociadas al tipo de fertilización. No se encontraron diferencias en el rendimiento asociadas al tipo de fertilización. Sin embargo, el rendimiento varió con el tipo de labranza utilizado. Los tratamientos con labranza tradicional fueron superiores en un 16% a los de labranza de conservación con valores de 90,5 y 77,6 t/ha de forraje verde, respectivamente, y 17,65 y 15,5 t/ha de forraje seco, respectivamente.

Palabras clave: Labranza de conservación; Prácticas agrícolas; Estiércol bovino.

Abstract. About 15% of the world surface is subjected to the effect of man activities. The main causes of land surface degradation are livestock production, deforestation and inadequate agricultural practices. In Mexico, little attention has been given to soil conservation as a non-renewable natural resource. This has been mainly degraded by excessive use of agricultural machinery. As a result, 64% of the national territory suffers some degree of deterioration. Comarca Lagunera, located between Coahuila and Durango states in Mexico, is the main milk production region. In this region, 900000 t of cow manure are produced annually. This amount of cow manure could be used in increasing soil fertility and biology studies (i.e., reduction of environmental contamination levels). Objectives of this study were to determine (1) the effects of conservation tillage, and (2) the use of cow manure amounts on (a) soil physical properties, and (b) corn forage production. During spring and summer 2007 two tillage systems were evaluated: conventional and conservation tillage, and four fertilization levels: 20, 40 or 60 t/ha of cow manure, and one chemical fertilizer. A split-plot, completely randomized block design was used with four replications. Results showed statistical differences in temperature, soil moisture and resistance to clipping associated with the type of fertilization. No differences in yield were determined associated with the type of fertilization. However, yields were different depending on the tillage system used. Treatments with conventional tillage systems had yields 16% higher than those using conservation tillage systems.

Keywords: Tillage conservation; Agricultural practices; Cow manure.

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Apartado Postal 142, CP 35000. Gómez Palacio, Durango, México.

Address Correspondence to: Enrique Salazar Sosa. Calle Alejandría 470, colonia Torreón Residencial, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27250, tel. 01 871 727 96 26, e-mail: enmageel1@yahoo.es. Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango, México. Apartado postal 1-142 en Gómez Palacio, C.P. 35000. Tel. 01 (871) 711-89-18. e-mail: fazujed@yahoo.com.mx.

José Dimas López Martínez. Calle Juan E. García 150 norte, Ciudad Lerdo, Durango, México. Código Postal 35150. e-mail: jose_dimaslopez@hotmail.com.

Recibido / Received 26.X.2009. Aceptado / Accepted 18.III.2010.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades físicas del suelo son factores que determinan la disponibilidad de oxígeno y movimiento de agua en el mismo, condicionando las prácticas agrícolas a utilizarse y la producción del cultivo. Sin embargo, estas propiedades no escapan a los efectos producidos por distintos tipos de labranza, originándose cambios en el ambiente físico del suelo. Esto tiene importantes repercusiones en su calidad bioquímica y por tanto, en su fertilidad (Hernández, 2000). El mal manejo de los suelos produce modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de conservación de algunas propiedades de los mismos. Lo más importante es la degradación integral del recurso suelo (Martínez, 1997), lo que incrementa la superficie agrícola con problemas de erosión y pérdida paulatina de la productividad. Se estima que el 15% de la superficie mundial está expuesta a algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. Las causas más frecuentes de dicha degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas. En México se ha dado muy poca importancia a la conservación del suelo como recurso natural no renovable; dicho recurso se ha visto afectado, entre otras causas, por el uso excesivo de maquinaria agrícola, aproximadamente el 64% del territorio nacional sufre algún grado de deterioro (FIRA, 2003). La labranza excesiva es la causa primaria de muchos problemas de erosión a nivel parcela, mientras que la labranza de conservación puede reducir hasta en un 90% estos problemas (Scopel, 1997). La Comarca Lagunera, localizada entre los estados de Durango y Coahuila en México, es una zona semiárida con alta evaporación y escasa precipitación. Estos parámetros presentan una alta relación (10:1). La principal limitante para la agricultura es por lo tanto la escasez de agua, y además presenta problemas de sobrelaboreo (Marcano et al., 1994). Esta zona es la principal cuenca lechera del país, donde se producen anualmente 900.000 toneladas de estiércol bovino (Figuroa, 2003). Esto permite plantear la posibilidad de utilizar dicho estiércol en la agricultura, más precisamente en la producción de maíz forrajero. Además, esto permitiría reducir los costos de producción y los niveles de contaminación. Medrano (2002) concluyó que (1) los tratamientos de labranza tradicional (arado de discos y dos pasos de rastra) y labranza reducida (con arado de disco) registraron la mayor producción vegetal, y (2) el tratamiento de labranza reducida más cubierta de rastrojo (40%) fue el que presentó la mayor conservación de humedad en el suelo. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de la labranza de conservación y el uso de estiércol bovino sobre a) las propiedades físicas del suelo, y b) el rendimiento de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El trabajo se estableció en el ciclo agrícola primavera verano 2007, en el campo experimental del SIGAITA 10 localizado en el ejido Anna, municipio de Torreón,

Coahuila, México, ubicado a 26° 30' N y 104° 35' O. El sitio tiene una altitud de 1139 msnm. Tiene un clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e invierno frío. El promedio de precipitación pluvial es de 258 mm anuales; La temperatura media anual es de 21 °C y la evaporación anual de 2000 mm. El lapso comprendido de mayo a agosto (con una temperatura media de 35 °C) es el más caluroso del año, y los meses de diciembre y enero (con una temperatura media de 12 °C) los más fríos.

Conducción del experimento. La siembra se llevó a cabo el 16 de marzo de 2007. El cultivo se estableció en parcelas de 6 x 12 metros con una distancia entre surcos de 0,75 m, con una población de 80.000 plantas por hectárea. La variedad que se utilizó fue la S-806, genotipo usado en la zona por ser de gran potencial forrajero. El cultivo tiene un ciclo de 105 días y es de porte homogéneo; la parcela experimental total fue de 2.304 m².

Los tratamientos estudiados fueron dos niveles de labranza: labranza tradicional (arado de vertedera + dos pasos de rastra de discos) y labranza de conservación (sólo rastra de discos), y cuatro niveles de fertilización [tres de abono orgánico (estiércol bovino); 20, 40 y 60 t/ha, y fertilización química 120-60-00 de N-P-K]. Todo el fósforo y la mitad del nitrógeno se aplicaron al momento de la siembra. La otra mitad del nitrógeno se aplicó antes del primer riego de auxilio. La fuente de nitrógeno fue urea (46-00-00), y la de fósforo fue MAP (11-52-00). La composición química del estiércol aplicado fue de: 2,06% de calcio; 0,3% de magnesio; 0,39% de sodio; 1,20% de potasio; 1,45% de fósforo; pH 7,87; 0,66 de conductividad eléctrica; 5,39% de materia orgánica; 0,84% de nitrógeno total y 0,103% de amonio.

Aplicación de los riegos. Los riegos se aplicaron según lo establecido por el plan operativo del cultivo del maíz utilizando un sistema de multicompuertas con láminas de 13 cm. Se aplicó un riego el 3 de marzo, y 4 riegos de auxilio los días 29 de marzo, 22 de abril, 26 de mayo y 19 de junio de 2007.

Variables a evaluar y análisis estadístico. (1) Humedad del suelo (%), utilizando el método gravimétrico; (2) temperatura del suelo (°C): método geotermómetro; compactación del suelo (lb/in²) (g/cm²): método del penetrómetro; resistencia al corte en newton (N): método marco torsional; densidad aparente (g/cm³): método de la parafina. Todas las variables se evaluaron en el suelo en el perfil 0-15 cm, porque es donde se produce la mayor mineralización. Para la variable humedad del suelo se realizaron cuatro muestreos: 27 de marzo, 22 de abril, 23 mayo y 18 junio. Para la variable temperatura del suelo se realizaron tres muestreos: 22 de abril, 22 de mayo y 18 de junio. La compactación del suelo fue medida los días 22 de marzo y 18 de junio. La resistencia al corte y densidad aparente se midieron el 22 de abril y 18 de junio. Se cuantificó el rendimiento de forraje verde (t/ha). La siembra se realizó el 16 de marzo, y la cosecha el 30 de junio, cuando el grano alcanzó aproximadamente un tercio de la línea de leche, con una

altura máxima de 207 cm. La unidad experimental consistió en parcelas de 72 m². La distribución de los tratamientos en el campo se llevó a cabo con un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones, utilizándose el siguiente modelo (Olivares, 1996):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + \epsilon_{ij(a)} + B_k + \epsilon_{ik(b)} + (AB)_{jk} + \epsilon_{ijk(c)}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, a$$

$$k = 1, 2, \dots, b$$

Y_{ijk} = es la observación en la labranza j en el nivel k de dosis de estiércol en el bloque i .

μ = Es la media verdadera general

β_i = Es el efecto del bloque i

A_j = Es el efecto del nivel j de labranza

$\epsilon_{ij(a)}$ = Es el error experimental de i -ésima parcela grande para labranza

B_k = Es el efecto del nivel k de dosis de estiércol

$\epsilon_{ik(b)}$ = Es el error experimental de la k -ésima parcela grande para niveles de estiércol

AB_{jk} = Es el efecto de la interacción del tipo de labranza j en la dosis de estiércol k

$\epsilon_{ijk(c)}$ = Es el error experimental de la i j k -ésima subparcela.

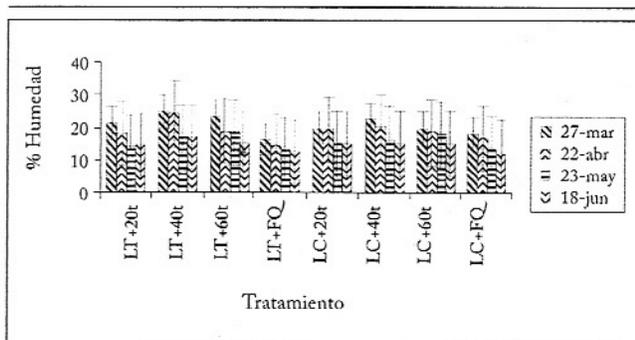
Los espacios de exploración se establecieron de la siguiente forma: Factor 1 (sistema de labranza): labranza tradicional A1; labranza de conservación A2; Factor 2 (niveles de estiércol bovino, t/ha): B1=20 t/ha; B2=40 t/ha; B3=60 t/ha y B4=fertilización química (120-60-00 NPK). Se realizó para cada variable evaluada un análisis de varianza y una prueba de medias por Duncan al 5% nivel de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el factor tipo de fertilización en humedad del suelo existió diferencia en las fechas de muestreo 27 de marzo, 22 de abril, 23 de mayo y 18 de junio. Para las fechas 22 de abril y 18 de junio el contenido de humedad, significativamente más alto ($p < 0,05$), fue para la dosis de 40 t/ha de abono orgánico, con valores de 22,21 (22 abril) y 16,19% (18 junio) de humedad. El 27 de marzo y 23 de mayo los valores significativamente más altos ($p < 0,05$) lo obtuvieron las dosis de 40 y 60 t/ha de abono orgánico. Los tratamientos con abono orgánico tuvieron siempre valores significativamente mayores ($p < 0,05$) que los tratamientos de fertilización química. Los valores máximos de humedad del suelo superaron en 38,4; 40,8; 38 y 33% a los valores de fertilización química para cada una de las fechas de muestreo, respectivamente (Tablas 1 y 2). Estos resultados coinciden con los informados por Lal (1985),

Martínez et al. (1999) y Hernández (2000). Dichos autores mencionaron que la presencia de estiércol solo o combinado con algún residuo vegetal aplicado a la superficie del suelo, permitió una mayor infiltración, controló las pérdidas de agua e incrementó la retención de humedad. Los efectos del tipo de labranza, y la interacción, fueron no significativos ($p > 0,05$) en las cuatro fechas de muestreo. Estos resultados difieren con los de Smart y Bradford (1996) y Medrano (2002). Estos autores indicaron que los sistemas de producción con labranza de conservación reducen la erosión y la evaporación, y conservan más humedad.

Fig. 1. Porcentaje de humedad en el suelo en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).
Fig. 1. Humidity percentage of soil in forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).



Para el factor tipo de fertilización existieron diferencias en la temperatura del suelo únicamente en la primer fecha de muestreo. Cuando se aplicaron abonos, la temperatura del suelo fue mayor respecto a la fertilización química, donde el valor más alto correspondió a la dosis de 60 t/ha (Fig. 2). Los resultados para labranza y fertilización coinciden parcialmente en el descenso de la temperatura del suelo, a pesar que no hubo diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos. Beltrán y Cabrera (1995), Arvidsson (1998) y Barzegar et al. (2000) indicaron que las temperaturas del suelo en labranza de conservación fueron hasta 1 °C menores en relación a las de labranza tradicional. El factor tipo de labranza dio temperaturas del suelo similares ($p > 0,05$) en las tres fechas de muestreo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cox et al. (1990) y Medrano (2002). Estos investigadores informaron que la temperatura del suelo en labranza de conservación es hasta un grado menor que bajo condiciones de labranza tradicional.

No hubo diferencia ($p > 0,05$) para compactación en el factor tipo de labranza, factor dosis de abono orgánico e interacción de ambos factores en ninguna de las fechas de muestreo (Tabla 1). Todas las combinaciones de tipo de labranza y dosis de abono orgánico presentaron el mismo comportamiento ascendente desde la primer fecha de muestreo a la segunda (Fig. 3); para la primer fecha de muestreo, el valor más bajo

Tabla 1. Efectos estadísticos y comparación de medias de humedad, temperatura, compactación, densidad aparente, resistencia al corte y rendimiento en verde en cultivo de maíz forrajero. SIGA-ITA 10 Torreón, Coahuila, México 2007

Table 1. Statistical effects and mean comparisons for humidity, temperature, soil compaction, bulk density, shear strength and green forage yield of corn corp. SIGA-ITA 10, Torreón, Coahuila, México, 2007. Different letters in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

Muestras	Humedad (%)				Temperatura (°C)		
	1	2	3	4	1	2	3
Factores							
Labranza							
Labranza Tradicional	20,68	18,72	15,66	14,03	26,22	33,94	26,19
Labranza de conservación	19,73	18,71	15,61	14,13	27,31	33,38	26,44
Dosis de Abono Orgánico							
20 t/ha	20,62b	18,95b	14,54bc	14,7b	30,5a	33,0	26,94
40 t/ha	23,88a	22,21a	16,05ab	16,19a	30,0a	33,56	26,10
60 t/ha	21,67ab	18,76ab	18,28a	14,97b	31,13a	22,38	26,25
Fertilización química	17,25c	15,77c	13,24c	12,17c	27,25b	34,69	25,38
C.V. %	12,51	11,77	13,09	7,63	5,76	6,48	9,05
Muestras	Compactación lb/in ²		Densidad Aparente g/cm ³				
	1	2	1	2			
Factores							
Labranza							
Labranza Tradicional		268,46	414,15	1,317	1,354		
Labranza de conservación		311,65	405,84	1,479	1,48		
Dosis de Abono orgánico							
20 t/ha		310,06	423,43	1,326	1,446		
40 t/ha		282,87	396,43	1,343	1,545		
60 t/ha		301,5	426,68	1,325	1,503		
Fertilización química		261,85	393,43	1,348	1,424		
C.V.%		14,38	10,81	5,07	8,66		
Muestras	Resistencia al Corte Newton (N)		Rendimientos t/ha				
	1	2	1				
Factores							
Labranza							
Labranza Tradicional		417,87	59,0	90,51a			
Labranza de conservación		432,36	58,31	77,62b			
Dosis de abono orgánico							
20 t/ha		497,14a	62,38a	81,13			
40 t/ha		429,30b	55,88b	86,74			
60 t/ha		418,66b	56,13b	89,41			
Fertilización química		355,35c	60,25ab	78,95			
C.V. %		12,13	8,18	17,27			

Tabla 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para humedad, temperatura, compactación, densidad aparente, resistencia al corte y rendimiento en forraje verde en cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 Torreón, Coahuila, México, 2007.

Table 2. Mean squares of analysis of variance for humidity, temperature, soil compaction, bulk density, shear strength and green forage yield of corn. SIGA-ITA 10, Torreón, Coahuila, México, 2007.

Muestras	GL	Humedad (%)				Temperatura (°C)		
		1	2	3	4	1	2	3
Fuentes de variación	GL							
Repeticiones	3	5,27	4,72	4,30	1,93	12,36	10,38	0,61
Factor tipo labranza	1	15,08	0,018	0,35	1,45	5,28	4,5	1,53
Error tipo labranza	3	14,02	1,56	9,38	1,97	2,78	2,75	3,53
Factor Dosis de A.O.	3	60,96**	55,44**	39,89**	22,78**	23,36**	6,38	9,53
Interacción	3	11,97	15,65	1,55	2,25	5,61	1,42	3,28
Error por A.O.	18	6,81	4,96	4,21	1,23	2,93	5,65	5,57
Total	31							
Muestras	GL	Compactación lb/in ²		Densidad Aparente g/cm ³				
		1	2	1	2			
Fuentes de variación	GL							
Repeticiones	3	7676,92	1648,67	0,0055	0,0035			
Factor tipo labranza	1	11552	47,5	0,0011	0,0021			
Error tipo labranza	3	2362,42	2210	0,0083	0,013			
Factor Dosis de A.O.	3	3701,08	2578,67	0,0021	0,008			
Interacción	3	1564,75	3345,33	0,015	0,004			
Error por A.O.	18	1657,94	1951,61	0,0044	0,0156			
Total	31							
Muestras	GL	Resistencia al Corte Newton (N)		Rendimientos t/ha				
		1	2	1				
Fuentes de variación	GL							
Repeticiones	3	681,72	22,20	111,56				
Factor tipo labranza	1	172,25	3,78	1329,19*				
Error tipo labranza	3	206,67	55,70	63,82				
Factor Dosis de A.O.	3	2732,40**	81,36*	187,98				
Interacción	3	325,71	85,20	58,45				
Error por A.O.	18	269,87	23,003	210,78				
Total	21							

*, ** Diferencia estadística al 0.05 y 0.01, respectivamente.

correspondió a labranza tradicional + fertilización química (231 lb/in²; 16.220g/cm²) y el más alto (y que superó al menos compacto en un 33,7%) fue para labranza de conservación + 60 t/ha de abono orgánico (308,75 lb/in²; 21.679g/cm²). Estos resultados coinciden con los informados por Mora et al. (2001). Estos autores mencionaron que la compactación al inicio del ciclo fue mayor en labranza de conservación que en labranza tradicional. Sin embargo, al final del ciclo no se

encontraron diferencias en un cultivar de trigo al evaluar sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del un vertisol. La diferencia entre el menos y el más compacto fue del 18% en la segunda fecha. El valor más bajo correspondió a labranza tradicional + 40 t/ha de abono orgánico, seguido de labranza de conservación + fertilización química con valores de 367,75 y 376,5 lb/in² (25.822 y 26.436 g/cm²), respectivamente (Fig. 3). Estos valores coinciden con los reportados por Medrano

(2002). Dicho autor mencionó que los tratamientos con labranza reducida y cero fueron más compactos que los tratamientos con labranza tradicional. Por su parte, Hernández et al. (2000) y Barzegar et al. (2000) encontraron que el suelo tratado continuamente con labranza convencional o uso excesivo de maquinaria presentó una mayor compactación.

En nuestro estudio, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con labranza tradicional y convencional. Esto implica la conveniencia de modificar los tratamientos con abonos orgánicos, debido a (1) la variación climática de cada región, (2) la complejidad y heterogeneidad del suelo, principalmente en cuanto a sus horizontes, y (3) las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Se deberían hallar, a través de trabajos de investigación, las dosis más adecuadas de cualquier producto orgánico que se aplique al suelo a nivel *in-situ* o regional. Esto es debido a que dichas dosis son determinantes en la producción agrícola, protección del medio ambiente, etc. Lógicamente, para encontrar la dosis más adecuada de estiércol es importante que los trabajos de investigación se realicen a largo plazo, utilizando diferentes cantidades por unidad de superficie. Esto se debe a la existencia de diferentes (1) tipos de suelo, (2) necesidades nutricionales de los cultivos, y (3) la variabilidad y complejidad de un mismo tipo de suelo en sitios reducidos. Además, no todo el estiércol aplicado en un año se degrada en ese periodo, principalmente debido la resistencia de algunos materiales, como la lignina, al proceso de biodegradación. Estos compuestos pueden resistir la actividad enzimática de algunos microorganismos como las bacterias y los actinomicetos (Salazar et al., 2003).

Para los factores tipo de labranza, dosis de abono orgánico e interacción de ambos factores, no existió significancia ($p > 0,05$) en densidad aparente en ninguna de las dos fechas de muestreo (Tabla 1). Todas las combinaciones del factor tipo de labranza y el factor dosis de abono orgánico mostraron un comportamiento ascendente desde la primera a la segunda fecha de muestreo (Fig. 4).

Al final del ciclo el valor más bajo de densidad aparente fue para el tratamiento labranza tradicional + 40 t/ha de abono orgánico ($1,37 \text{ g/cm}^3$), lo cual coincide con lo publicado por Beltrán y Cabrera (1995). Estos investigadores informaron que las adiciones de material orgánico al suelo con problemas de compactación mejoró sus propiedades físico-químicas, disminuyendo su densidad aparente. Arvidsson (1998) mencionó que el contenido de materia orgánica tuvo una influencia mayor que la distribución del tamaño de partícula en las propiedades físicas del suelo.

El valor más alto de densidad aparente $1,48 \text{ g/cm}^3$ correspondió a labranza tradicional + 40 t/ha de abono orgánico (Fig. 4). Esto coincide con lo reportado por Lal (1985), quien mencionó que después de seis años de estudiar los efectos de la labranza mecanizada, la densidad aparente decreció de $1,43$ a $1,40 \text{ g/cm}^3$ en los primeros 10 centímetros de profundidad en un suelo con sistema de no labranza; en cambio, bajo la-

Fig. 2. Temperatura del suelo en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).

Fig. 2. Soil temperature in forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).

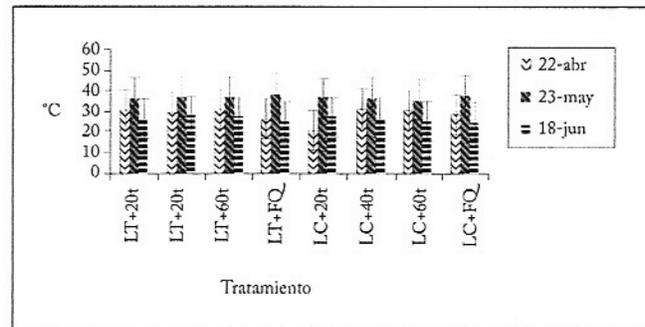


Fig. 3. Compactación del suelo en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).

Fig. 3. Soil compaction in forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).

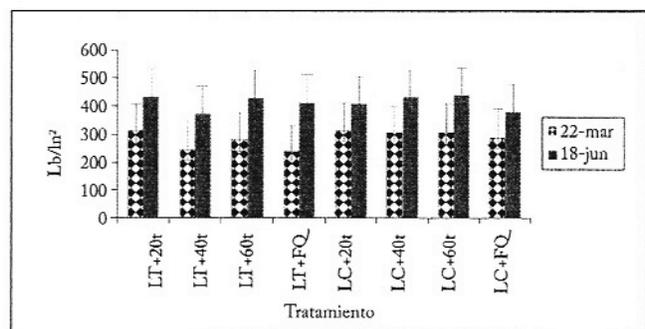
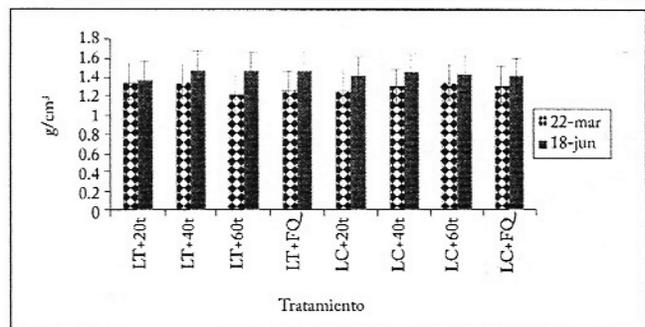


Fig. 4. Densidad aparente del suelo en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).

Fig. 4. Soil bulk density in forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).



branza convencional, la densidad aparente se incrementó de 1,37 a 1,53 g/cm³. Al no encontrar diferencias significativas Lal (1985) concluyó que las prácticas agrícolas provocan deterioro en la estructura del suelo y su compactación, así como en la estabilidad de los agregados del suelo con el uso intensivo de maquinaria y bajos ingresos de materia orgánica. Este autor recomendó evaluar nuevas dosis de materia orgánica, y efectuar investigaciones a largo plazo en la misma superficie.

No hubo significancia ($p > 0,05$) para el factor tipo de labranza e interacción de ambos factores (Tabla 1). Para el factor tipo de fertilización existieron diferencias ($p < 0,05$) en la resistencia al corte para el primer y segundo muestreo, respectivamente (Tabla 1). Todos los valores de los tratamientos mostraron un comportamiento ascendente del primer al segundo muestreo (Fig. 5). Para el primer muestreo, la menor resistencia al corte la tuvieron los tratamientos que incluyeron fertilización química (355,354 N). El valor más alto fue para aquellos tratamientos que incluyeron 20 t/ha de abono orgánico (497,141 N). Para el segundo muestreo, el valor más bajo lo presentaron los tratamientos que incluyeron 40 y 60 t/ha de abono orgánico (con un promedio de 552,16 N). Al mismo tiempo, el valor más alto fue para aquellos tratamientos con 20 t/ha de abono orgánico (615,067 N) (Tabla 1). Resultados similares fueron reportados por Grajeda (1988), que reportó incrementos en la resistencia del suelo con labranza de conservación en comparación con la labranza tradicional. Para el factor tipo de fertilización existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las fechas 1 y 2. La fertilización química tuvo la menor resistencia en la fecha 1 con 354,96 N y 40 t/ha de abono orgánico, y en la fecha 2 con 552,16 N. La combinación de labranza tradicional + 40 t/ha de abono orgánico tuvo la más baja resistencia al corte, seguido de labranza de conservación + fertilización química, labranza tradicional + 60 t/ha de abono orgánico, y labranza de conservación + 60 t/ha de abono orgánico con valores de 53,25; 55,25; 55,75 y 56,5 N, respectivamente (Fig. 5). Lo anterior es similar a lo reportado por Arvidsson (1998) quien reportó que el contenido de materia orgánica tuvo una influencia mayor que la distribución de tamaño de partículas en las propiedades físicas del suelo. En su trabajo, disminuyó la densidad y el grado de compactación, incrementó la porosidad y el contenido de aire en el suelo después de la compactación.

Para rendimiento existió diferencia ($p < 0,05$) para el factor tipo de labranza. No hubo significancia ($p > 0,05$) para el factor tipo de fertilización e interacción de ambos factores (Tabla 1). Los tratamientos con labranza tradicional fueron superiores en un 16% a los de labranza de conservación, con valores de 90,5 y 77,6 t/ha de forraje verde, respectivamente. Estos resultados coinciden con los informados por Smart y Bradford (1996), Bahman y Power (1999), Beltrán (2000), Tawainga et al. (2002) y Jeffrey y Randall (2004). Estos autores informaron que los mayores rendimientos los encontraron en labranza convencional respecto a labranza reducida de conservación y

no labranza; la diferencia entre ambos tipos de labranza fue del 17%. Aún cuando no hubo diferencias estadísticas, la combinación de labranza tradicional + 60 t/ha de abono orgánico fue el que presentó el mayor rendimiento (99,8 t/ha) de forraje verde (Fig. 6). Lo anterior difiere con lo reportado por Cabrera (1990) que encontró el mayor rendimiento de maíz grano con labranza mínima en comparación con la labranza tradicional.

Fig. 5. Resistencia al corte del suelo en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).

Fig. 5. Resistance to cut of soil in forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).

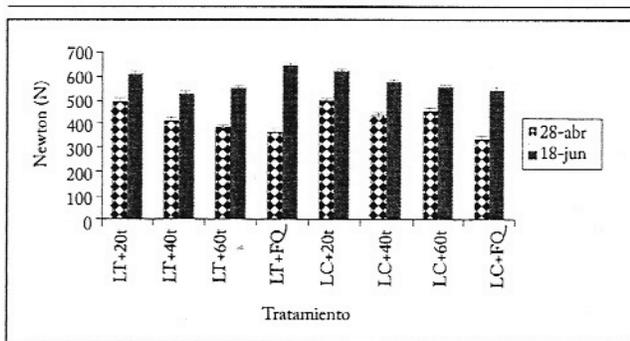
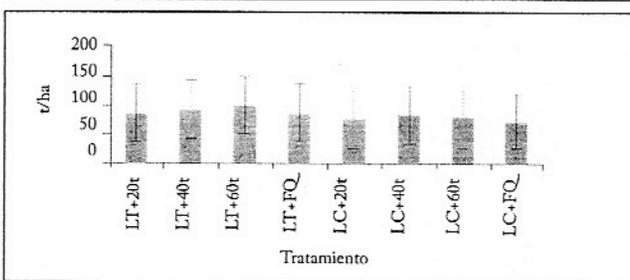


Fig. 6. Rendimiento de forraje verde en t/ha en el cultivo de maíz forrajero SIGA-ITA 10 según tipo de fertilización (química; 20, 40 y 60 t/ha de abono orgánico) y tipo de labranza (tradicional y conservacionista).

Fig. 6. Green forage yield (t/ha) of forage corn crop, SIGA-ITA 10 by type of fertilizer (chemical, 20, 40 and 60 t/ha of compost) and type of tillage (traditional and conservationist).



CONCLUSIONES

Para humedad del suelo en las dosis de abono orgánico hubo mayor humedad en los tratamientos con abono orgánico, en general con mayor humedad en las dosis de 40 y 60 t/ha. Los valores significativamente más bajos fueron los de fertilización química para cada una de las fechas de muestreo.

Respecto a temperatura, para el factor dosis de abono orgánico, en la primera fecha de muestreo el mayor valor correspondió a la dosis de 60 t/ha de abono orgánico.

En compactación y densidad aparente no hubo diferencias significativas para los factores tipo de labranza, dosis de abono

orgánico e interacción de ambos factores en ninguna de las fechas de muestreo.

En resistencia al corte para el primer muestreo, la menor resistencia al corte la tuvieron los tratamientos que incluyeron fertilización química (355,355 N), y el valor más alto fue para aquellos tratamientos que incluyeron 20 t/ha de abono orgánico (497,141 N). En el segundo muestreo, el valor más bajo lo presentaron los tratamientos que incluyeron 40 y 60 t/ha de abono orgánico (con un promedio de 552,16 N), y el más alto fue para aquellos tratamientos con 20 t/ha de abono orgánico.

Si bien se encontraron diferencias en algunas de las variables del suelo, éstas no tuvieron influencia sobre el rendimiento de forraje, ya que el mismo no se vio afectado por el tipo de fertilización. El rendimiento de los tratamientos con labranza tradicional fueron superiores en un 16% a los de labranza de conservación con valores de 90,5 y 77,6 t/ha de forraje verde, respectivamente. Nuestra intención es continuar evaluando en los años subsiguientes a las prácticas agrícolas en una forma sustentable, como lo es la labranza de conservación. La idea es ir fomentando la sustitución de la labranza tradicional, a fin de reducir las malas prácticas agrícolas que causan muchos problemas al suelo.

REFERENCIAS

- Arvidsson, J. (1998). Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil & Tillage Research* 49: 159-170.
- Bahman, E. y J. F. Power (1999). Composted and no-composted manure application to conventional and no-tillage systems: Corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal* 91: 819-825.
- Barzegar, A.R., M.A. Asoodar y M. Ansari (2000). Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the Proctor compaction loads in reducing soil compactibility. *Soil & Tillage Research* 57: 167-172.
- Beltrán, M.F.A. (2000). Mineralización del nitrógeno en el suelo bajo tres sistemas de labranza, en los cultivos de Maíz (*Zea mays* L.) y Avena (*Avena sativa* L.). Tesis de Maestría FAZ UJED Venecia, Durango. 151 p.
- Beltrán, F.M.J. y F. Cabrera C. (1995). Avance de la rehabilitación de un suelo compactado con el uso de abonos orgánicos en el Valle del Mayo. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas. p 13-18.
- Cabrera, C.F. (1990). Influencia de la labranza en el rendimiento de maíz de temporal y algunas propiedades físicas de los suelos en el sur de Sonora. En: Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera, México.
- Cox, W.J., R.W. Zobel, H. Van y D.J. Otis (1990). Tillage effects on some physical and corn physiological characteristics. *Agronomy Journal* 82: 806-817.
- Figuerola, V.U. (2003). Uso sustentable del suelo. En: Enrique Salazar Sosa, M. Fortis H., A. Vázquez A. Y C. Vázquez V. (eds), p 1-22. Abonos Orgánicos y Plásticos. Gómez FAZ UJED. SMCS y COCYTED. ISBN 658-6404-63-5. Palacio, Durango, México. 233 p.
- FIRA (2003). Labranza de conservación para una agricultura sostenible experiencias y logros. *Boletín informativo* 29: 281, 28 p.
- Grajeda, G.J. (1988). Efecto de la labranza y nitrógeno sobre algunas condiciones físicas del suelo y abatimiento de costos de producción de forraje en maíz y sorgo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 121 p.
- Hernández, R.M. (2000). Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el Estado de Guarico-Venezuela. *Agronomía Tropical* 50: 19-29.
- Jeffrey, A.V. y G.W. Randall (2004). Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage. *Agronomy Journal* 96: 502-509.
- Lal, R. (1985). Mechanized Tillage Systems effects on properties of a tropical alfisol in watershed cropped maize. *Soil Tillage Research* 6: 149-161.
- Marcano, F.R., C. Ohep y F. Desiderio (1994). Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Tropical* 44: 15-22.
- Martínez, R.C.E. (1997). Comportamiento de un Suelo Xerosol Haplico ante la Acción de los Implementos de Labranza. Tesis de Maestría Facultad de Agronomía, Universidad de Nuevo León. Marín, N.L. México. p. 3-5, 10-11, 15-18.
- Martínez, R. de C.E., A.C. Godoy, L.G. García y M.J.R. Díaz (1999). Labranza de conservación: una alternativa para la producción de avena forrajera en la Comarca Lagunera. En: Memorias del X Congreso Nacional De Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario I.T.A. N° 23, Oaxaca, Oax. p.47.
- Medrano, R.J.G. (2002). Comportamiento del suelo bajo labranza de conservación en la producción de maíz forrajero. Tesis de maestría SIGA-ITA 10. Torreón, Coahuila. 103 p.
- Mora, G.M., Ch. V. Ordaz, J.Z. Castellanos, S.A. Aguilar, F. Gavi y H.V. Volke (2001). Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *TERRA* 19: 67-74.
- Olivares, S.E. (1996). Diseños Experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., Marín, Nuevo León, México. p 183-190.
- Salazar S.E., C. Vázquez V., H.I. Trejo E., O. Rivera O. (2003). Aplicación, manejo y descomposición del estiércol de ganado bovino. En: E. Salazar Sosa, M. Fortis H., A. Vázquez A. y C. Vázquez V. (eds), p. 18-38. Agricultura Orgánica. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Gómez Palacio, México. 271p.
- Scopel, E. (1997). Efectos de la labranza de conservación sobre el balance hídrico del cultivo de maíz de temporal. En: Avances de Investigación en Labranza de Conservación 1. INIFAP-CE-NAPROS, Libro Técnico N° 1 pp. 91-106.
- Smart, J.R. y J.M. Bradford (1996). Conservation tillage for a semi-arid subtropical environment. United States Department of Agriculture Research Service. Weslaco, Texas, 78596. VI Congreso Internacional de AMIA.
- Tawainga, W.K., W.J. Cox y H.V.E. (2002). Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. *Agronomy Journal* 91: 299-304.