

Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino (Con 4 Tablas y 9 Figuras)

Corn production under subsurface drip irrigation and application of cow manure.

(With 4 Tables & 9 Figures)

Salazar-Sosa¹ E, HI Trejo-Escareño²,
C Vázquez-Vázquez¹, JD López-Martínez¹

Resumen. Esta investigación se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (CAE-FAZ-UJED), ubicada en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. Se trabajó con maíz Var. “San Lorenzo” y Soja Var. “Cajeme”. El objetivo del trabajo fue determinar cuál dosis de estiércol era la mejor, así como determinar el porcentaje de proteína cruda (PC) en el forraje. El factor (A) cultivo tuvo dos niveles; Maíz y Maíz-Soja asociados y el factor (B) estiércol [0, 40, 80, 120 y 160 Megagramos (Mgr) por hectárea] y fertilizante químico (100-150-00). El sistema de riego utilizado en este trabajo fue el de goteo subsuperficial (cintilla). El análisis de varianza mostró una diferencia estadística significativa para el factor B solo en forraje verde con una $p=0,0134$. El mejor tratamiento fue el de 120 Mgr/ha de estiércol con una media de 103.33 Mgr de forraje verde. Para forraje seco el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas. Con respecto al incremento de proteína del forraje de maíz y la asociación maíz-soja, la diferencia fue de 1.04 %. Sin embargo, los promedios para el maíz y maíz-soja fueron 10.33 % y 11.37 % de proteína cruda (PC), respectivamente, siendo estos valores muy superiores a los reportados en los híbridos utilizados en la región, los cuales alcanzan apenas el 8.5 % de PC. El tratamiento de 120 Mgr/ha de estiércol aplicado sobre maíz fue donde se extrajeron más nutrientes: de nitrógeno, fósforo y potasio se extrajeron 753.3, 123 y 761.4 kg /ha, respectivamente. Por esto y lo antes mencionado se con-

¹ División de Estudios de Posgrado . Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED).
Address Correspondance to: Dr. Enrique Salazar-Sosa DEP-FAZ-UJED. Apartado Postal
142-2, Gómez Palacio, Durango, México. e-mail: enmagee1@yahoo.es

² FAZ-UJED. e-mail: idilio72@yahoo.com.mx

Recibido/Received: 19.VII.2005. Aceptado/Accepted 06.X.2006.

cluye que el tratamiento de 120 Mgr/ha de estiércol aplicado, fue el mejor en este ciclo agrícola estudiado.

Palabras clave: maíz, cintilla, estiércol.

Abstract. This research was performed at the agricultural experimental center of the Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad de Durango, Mexico. The main objective was to determine the best amount of cow manure application and its effect on corn production, quality and nutrient uptake. Two factors were studied in this experiment that started in 2000. The results presented in this paper correspond to 2001. The factors were (1) crop, with the levels corn alone and corn-soybean, and (2) cow manure (with the levels: 0, 40, 80, 120, 160 Mgr/ha) and chemical fertilizer (100-150-0 kg/ha of N, P₂O₅ and K, respectively). The resulting total number of treatments was established in a complete randomized block design with three replications. Soil chemical and physical parameters, fresh and dry corn production, nutrient uptake and corn quality were measured. Results indicated statistical significance for the factor cow manure with respect to green forage production. The best treatment was 120 t/ha of cow manure application, with 103.3 Mgr/ha of green forage. With respect to protein concentration in the plant, the association corn-soybean had the highest concentration being 1.04 percent higher than that in corn alone. Average crude protein values for corn (10.3%) and corn-soybean (11.37%) were higher than those in other hybrids in the area which reach 8.5% of crude protein. Nitrogen, Phosphorus and Potassium uptake for forage corn production were 753.3, 123 y 761.4 kg/ha, respectively. The best option for farmers in this region is to apply 120 t/ha of cow manure. In the next crop cycle and after soil tests, they will have to decide if either to apply the same amount or decrease it according to soil nutrient availability and salt concentration.

Key words: corn, subsurface drip irrigation, cow manure.

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, el maíz es uno de los cultivos más importantes ya que ocupa la mayor parte del área cultivable en las zonas de riego y de temporal. Además, tiene una gran importancia en el mercado, pues es un forraje de uso cotidiano en la dieta alimenticia del ganado productor de leche, incrementándose cada vez más su consumo. La Región Lagunera es una de las principales cuencas lecheras de México con 500.000 cabezas de ganado bovino, y una producción de leche de bovino que llega a los seis millones de litros diarios. Lo anterior ha impactado en la demanda de forrajes, así como de otras fuentes alternativas de alimentos.

Los maíces y sorgos producidos en la Comarca Lagunera como fuente de forraje, juegan un papel importante, ya que de ambos se siembran entre 22.000 y 26.000 ha por año en los ciclos de primavera-verano. Esto, junto con la alfalfa, representan el 61 % de la superficie total regada con agua subterránea (SAGAR, 1997).

El promedio de producción regional de forraje fresco es de 45 Megagramos por hectárea (Mg/ha). La producción estimada de forraje de maíz y sorgo varía entre 448.000 a 564.000 toneladas de forraje seco/año. Esta cantidad representa aproximadamente del 35 al 40 % del forraje que consume el ganado bovino en esta región. Estos forrajes son considerados como los principales cultivos para ensilar en el ciclo, aún cuando a estos ensilados se les ha considerado como forraje de relleno. Esto es debido a que no se ha tomado en cuenta la calidad del forraje. En la actualidad existen productores que no toman en cuenta el aspecto nutricional del híbrido que siembran para llenar sus silos. Sin embargo, es posible sostener una buena producción de leche combinando alfalfa y ensilado de maíz como fuente de forraje en raciones balanceadas. También puede usarse soja asociada con maíz para incrementar el porcentaje de proteína del forraje y disminuir la cantidad de alfalfa en la dieta.

Las 60.000 ha que se destinan en promedio para la producción de forrajes (alfalfa, maíz y sorgo), y que representan el 61 % de la superficie total regada con agua subterránea (SAGARPA, 2002), son regadas en promedio con una eficiencia del 60 %. Es decir, el 40 % del agua aplicada no es utilizada por el cultivo y se escapa a la atmósfera en forma de vapor. Una de las alternativas en el uso del agua es la utilización de sistemas de riego por goteo subsuperficial para todo tipo de cultivo. Estos han sido probados en gran escala ya sea por tubería o cintilla en la producción de gran variedad de cultivos y en varias estaciones del año. Éste tipo de sistema ha experimentado una mayor expansión.

Es indispensable que se conozca el suelo donde crecerán las plantas y conocer su análisis físico, su contenido de nutrientes, su conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Estos factores están relacionados con la capacidad del suelo de proveer a las plantas las condiciones que requieran para obtener los nutrientes que necesitan para crecer,

y producir la cantidad y calidad de forraje que se espera. Los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones físicas del suelo, sino que aportan una cantidad importante de nutrientes y una reducción en los costos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

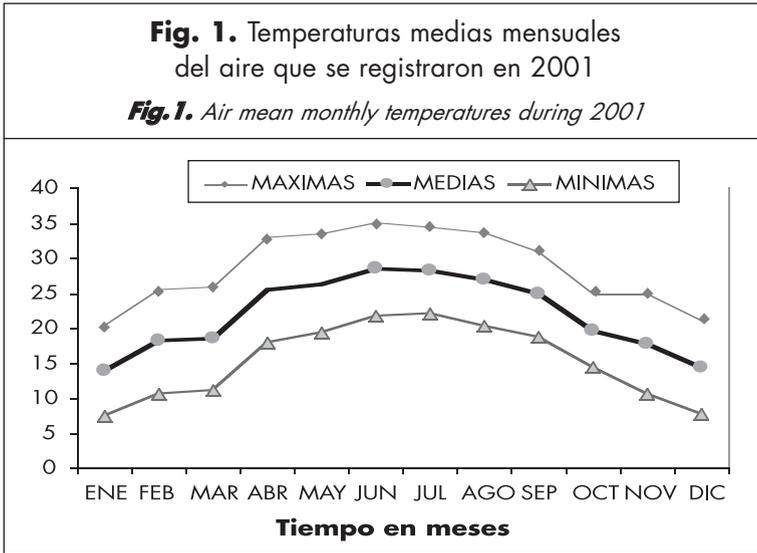
Localización geográfica. La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país, y forma parte de los estados de Coahuila y Durango. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1.139 m. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las urbanas.

Ubicación del sitio experimental. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED). Este se encuentra ubicado en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. Este estudio se inició en 1998 y aquí se presentan los resultados del 2001, después de haber aplicado estiércol en el mismo sitio en las mismas dosis por varios años consecutivos.

Características ecológicas del sitio. Según la guía climática para la Comarca Lagunera de Aguirre (1981), el clima es seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación es de 241,9 mm anuales y la temperatura media anual es de 21,5 °C con rangos de 33,7 como máximo y 7,5 como mínimo. En el año 2001 los meses más calientes fueron los de Mayo a Agosto, que coincidentemente son los meses en los cuales se desarrolló el experimento. Las temperaturas medias mensuales en estos meses fluctuaron entre los 33 y 36 °C la máxima, 25 y 30 °C la media y 15 y 19 °C la mínima (Fig. 1).

La evaporación anual media aproximada es de 2.396 mm. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, con 31 % en primavera, 47 % en verano, 58 % en otoño y 40 % en invierno

(CNA, 2002). Los suelos nativos son arcillosos de origen de aluvión, con un contenido de materia orgánica pobre.



Características físicas y químicas del estiércol. La composición del estiércol es muy variable, ya que depende de muchos factores como la especie, edad y alimentación del ganado, así como el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición y lavado que haya tenido lugar durante su almacenaje (Biblioteca de la Agricultura, 1998). Para este estudio las características físicas y químicas del estiércol fueron las que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características del estiércol del establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. FAZ-UJED, 2001

Table.1. Manure characteristics in the cowshed of the Facultad de Agricultura y Zootecnia. FAZ-UJED, 2001

Muestra No.	Ca %	Mg %	Na %	K %	pH	Ce mmhos	M.O. %	NT %	NH ₄ %	P %
1ª	1,75	0,3	0,42	1,15	7,79	0,68	5,35	0,56	0,084	1,31
2ª	1,78	0,34	0,38	1,25	7,62	0,63	5,47	1,12	0,112	1,64
3ª	2,64	0,27	0,36	1,20	8,19	0,66	5,35	0,84	0,112	1,39

Espacio de exploración. Los factores en estudio fueron cultivo (maíz y maíz-soja) y estiércol (de 0 a 160 Mgr/ha) como se muestra a continuación:

Factor A: Cultivo

A1 = Maíz

A2 = Maíz - Soja

Factor B: Estiércol de bovino

B1 = 0 Mgr/ha (testigo)

B2 = 40 Mgr/ha

B3 = 80 Mgr/ha

B4 = 120 Mgr/ha

B5 = 160 Mgr/ha

B6 = 100-150-00 (Fertilizante Químico)

Diseño experimental. La distribución de los tratamientos en el campo se hizo bajo un diseño de bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de siete metros de ancho por ocho metros de largo, siendo un área de 56 m² por unidad experimental.

Análisis estadístico. El modelo estadístico a emplear con el diseño de bloques al azar con arreglo en franjas es el siguiente (Martínez, 1996):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + t_j + \Sigma_{ij} + \beta_K + \Sigma_{ik} + (t\beta)_{jK} + \Sigma_{ijK}$$

Donde:

μ = Media General

β = Efecto de los Bloques

t = Efecto de los tratamientos

i, j, k = Tratamientos, repeticiones

$\Sigma_{ij}, \Sigma_{ik}, \Sigma_{ijK}$ = Efecto de los errores

Establecimiento y conducción del experimento. Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación antes de la aplicación del estiércol. Posteriormente se enterró la cintilla y se aplicó el estiércol, para luego darle otro paso de rastra y sembrar a continuación. En este lote experimental se aplicó el estiércol por primera vez en 1998, y desde entonces se ha venido aplicando cada año con las mismas dosis en las mismas unidades experimentales. La aplicación del estiércol se hizo un mes

antes de la siembra, con la finalidad principal de que el estiércol se mezclara con el suelo. De esta manera, se obtuvo una cama de siembra con el estiércol incorporado a una profundidad de 30 cm. El estiércol que se utilizó fue estrictamente de bovino del establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Para el tratamiento con fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 100-150-00.

Siembra y variedad. La siembra se efectuó el día 5 de Mayo de 2001, con distancias entre surcos de 0,60 m. Se utilizaron las variedades San Lorenzo para maíz y Cajeme para soja.

Variables evaluadas. Las variables medidas con el fin de determinar cuales son los mejores tratamientos fueron: Rendimiento de forraje, análisis bromatológico, extracción de nutrientes al momento de la cosecha y análisis de suelo. El análisis bromatológico se realizó en el laboratorio de la empresa LALA alimentos.

Instalación del sistema de riego. Las cintillas se instalaron a una distancia de 80 cm entre ellas a una profundidad de 40 cm. La cintilla usada fue la de emisores cada 30 cm “T-tape” calibre 8 mill (0,2 mm). Para la instalación se usó un gancho metálico; dicho gancho se une a la barra de tres puntos del tractor (Fig. 2).

Fig. 2. Gancho encintador unido al tractor

Fig.2. Hook joined to the tractor



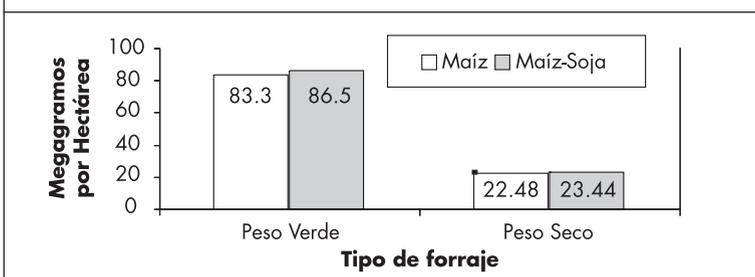
Extracción de nutrientes. Para conocer la concentración y extracción de los nutrientes del suelo por la planta a la cosecha del forraje, se obtuvieron plantas completas en cada uno de los tratamientos. Estas plantas se enviaron a laboratorio de LALA alimentos donde se determinaron las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por el método de espectroscopia del infrarrojo cercano. Las concentraciones de los nutrientes se multiplicaron por el rendimiento de materia seca por hectárea, para estimar las cantidades de nutrientes que extrajeron las plantas por hectárea. Así mismo, se efectuó el análisis bromatológico. Este implicó la determinación de los porcentajes de proteína cruda (PC), proteína digestible (PD), fibras ácido detergente (FAD) y neutro detergente (FND). También se determinó energía en Megacalorías por libra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje. Después de tres años de aplicar estiércol en este sitio con las mismas dosis que se indican en la sección de materiales y métodos, los resultados fueron significativos ($p=0,0134$) para forraje verde, sólo en cuanto al factor B (niveles de estiércol). Para peso de forraje de maíz en seco los resultados fueron significativos ($p=0,0366$) sólo en el factor A (cultivo). Esto indica que la asociación maíz-soja no presentó un impacto estadísticamente significativo en cuanto al incremento en peso de forraje verde (Fig. 3).

Fig. 3. Producción de Forraje en verde y seco del forraje de Maíz y Maíz-Soja, respectivamente, CAE-FAZ-UJED 2001

Fig.3. Green and dry forage production for corn and corn-soybean, respectively, CAE-FAZ-UJED 2001



Al realizar la comparación de medias para el factor B (niveles de estiércol) que fue donde se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el mejor tratamiento fue el B4 de 120 Megagramos (Mgr) de estiércol/ha con 103,33 Mgr/ha de forraje verde (Tabla 2) y 29,18 Mgr/ha de forraje seco (Tabla 2). Aún cuando el suelo hasta los 90 cm es texturalmente arcilloso, el tratamiento que menos rendimiento presentó fue el testigo con 54,05 Mgr/ha de forraje verde y 16,87 Mgr/ha de forraje seco (Tabla 2). Cabe mencionar que fue necesario bajar la fertilidad natural al máximo de los suelos en esta región lagunera para encontrar respuesta a los nutrientes principales, para el crecimiento y producción de los cultivos. Esto fue posible después del tercer año de trabajo experimental en el mismo sitio. Esto es debido a la alta fertilidad natural del suelo arcilloso, lo que explica porqué cuando se aplican fertilizantes químicos en estos suelos la cantidad aplicada en ocasiones es hasta en un 40 % menos que lo que se aplica en otros suelos, como los migajón-arcillo-arenosos.

Tabla 2. Medias de producción de forraje según dosis de estiércol, (CAE-FAZ-UJED, 2001).

Valores en una misma columna seguidos de letras distintas son estadísticamente significativos ($p < 0,05$)

Table 2. Mean forage production at different manure amounts, (CAE-FAZ-UJED, 2001). Values in the same column followed by different letters are statistically significant ($p < 0.05$)

Tratamientos Estiércol fertilizante	Peso Verde	Peso Seco
	Mgr/ha	
0 Mgr/ha	54,05 d	16,87 b
40 Mgr/ha	66,32 c	19,62 b
80 Mgr/ha	84,64 a	24,1 b
120 Mgr/ha	103,33 a	29,18 a
160 Mgr/ha	93,80 a	23,64 b
100-150-00	77,90 b	20,50 b
DMS	25,506	9,098

Los rendimientos de forraje verde fueron en promedio un 80 a 100 % mayores con el sistema de riego subsuperficial que la media regional con riego por gravedad con agua de la presa, y 40 % más que con agua de bom-

beo. La razón principal en este caso es que los turnos de agua con la presa en la mayoría de los casos retrasan los riegos de auxilio en el cultivo. Esto no ocurre con agua de bombeo lo que repercute en el rendimiento final. La razón por la que aún con agua de bombeo los rendimientos son menores que con riego subsuperficial (cintilla) es porque la eficiencia de aplicación, disponibilidad y aprovechamientos son mayores en el sistema de riego subsuperficial, como lo indican Howell et al. (1995). Estos autores señalan que estas características lo clasifican como una alternativa sustentable de irrigación (Claude, 1995). Este autor indica que las raíces están en contacto directo con la humedad del suelo, la que nunca alcanza niveles críticos que provoquen estrés hídrico en la planta.

Características de calidad del forraje. El análisis de calidad (parámetros bromatológicos) como proteína cruda, proteína digestible, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra y energía neta nos indica que la variedad de maíz “San Lorenzo” cuenta con los atributos necesarios para ser considerada como una fuerte opción forrajera con respecto a los híbridos. Los análisis bromatológicos indican que la variedad “San Lorenzo” contiene 10,33 % de PC (Tabla 3). La calidad es determinante en los tiempos actuales. Un híbrido y/o variedad, aunque tenga muy altos rendimientos, si no cumple con los parámetros de calidad del forraje que requiere el ganado no será aceptado por los ganaderos en esta región.

La asociación del maíz con la soja no tiene significancia estadística en cuanto a rendimiento, aunque la soja incrementa el contenido de proteína cruda en un punto porcentual con respecto al forraje de la Variedad “San Lorenzo”. La asociación de forrajes propuesta incrementa 2,8 puntos porcentuales de PC con respecto a los forrajes de otros híbridos de maíz, los cuales aportan apenas 8,5 % de PC a la dieta del ganado (NRCS, 2000). Los tratamientos de estiércol no afectan la calidad, pero si incrementan el rendimiento de forraje verde y seco lo cual representa un incremento en la economía del productor.

El incremento en la producción se explica con el hecho que el estiércol no solo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fisiológico. En el estiércol habría una actividad enzimática constante en todo el ciclo, biodegradándolo y liberando iones que están disponibles para plantas y microorganismos (Salazar et al., 2003).

Tabla 3. Medias de las características bromatológicas del maíz y maíz-soja (base seca).
NS= No significancia estadística

Table 3. Mean bromatological characteristics of corn and corn-soybean (dry weight basis). NS=No significant differences.

Niveles de estudio	PC %	PD %	FAD %	FND %	Energía Mcal/Lb
Factor A (Cultivo)					
A1= Maíz	10,33	7,66	30,04	56,09	1,42
A2= Maíz-Soja	11,37	8,10	29,95	58,04	1,43
Factor B (Estiércol) Mgr/ha					
B1 0 (testigo)	11,33	8,34	29,99	56,62	1,42
B2 40	11,12	7,90	30,20	55,92	1,42
B3 80	10,47	7,77	30,10	55,72	1,43
B4 120	11,03	8,10	31,03	57,94	1,39
B5 160	11,00	7,98	29,03	61,09	1,44
B6(100-150-00)	11,04	8,10	29,61	55,10	1,43
CV	12,32	17,78	7,5	11,05	5,62
DMS	NS	NS	NS	NS	NS

Características químicas del suelo. Las características químicas del suelo antes de la primera aplicación en 1998 (que fue cuando el experimento se inició) se muestran en el Tabla 4. Es notorio como en tres años (1998-2001) las aplicaciones de estiércol en sus diferentes dosis incrementaron la salinidad (CE), la materia orgánica (M.O.) y la concentración de nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$), (Tabla 4). Con respecto a conductividad eléctrica ó salinidad de los tratamientos de 120 y 160 Mgr/ha de estiércol por hectárea fueron los que mayor impacto tuvieron en el suelo con un incremento promedio de 5,84 y 4,83 dS/m respectivamente, en el estrato de 0-15 cm de profundidad. Para el final del experimento en el 2001, los valores de C.E. más altos se presentaron en los tratamientos de 80 y 160 Mgr/ha de estiércol con valores de 7,06 y 6,43 dS/m, respectivamente (Tabla 4), para el estrato de 15-30 cm. Los tratamientos más afectados antes del ciclo 2001 fueron los de 120 y 160 Mgr/ha de estiércol con valores de 4,39 y 4,33 dS/m. Después del ciclo 2001, los tratamientos más altos fueron los de 80 y 120 Mgr/ha de estiércol con valores de 6,87 y 6,85 dS/m, respectivamente, con

respecto al testigo (Tabla 4). Este último presentó una concentración salina normal de 1,91 dS/m. Los tratamientos de 80, 120 y 160 Mgr/ha de estiércol aplicado después de cuatro años (2001) sobrepasaron el límite permisible para salinidad que es de 4 dS/m. Por este motivo, no es recomendable aplicar esas cantidades en forma continua, sin hacer un análisis previo a la siembra cada año. Este es un punto importante porque los productores en general aplican cantidades iguales o mayores de estiércol (200 Mgr/ha) por año en forma continua. Esto explica porqué en algunos suelos de la región la salinidad se ha incrementado, y aún más porque la concentración de sodio también se ha elevado a límites no permisibles. Los productores están haciendo fuertes inversiones económicas para bajar la salinidad del suelo (sales solubles) y la concentración de sodio, aplicando mejoradores de suelo, principalmente ácido sulfúrico y azufre con el objetivo de recuperar la productividad de los suelos.

La materia orgánica al final del 2001 también se ha incrementado notablemente, con valores que van desde 3,59 hasta 6,35 % en el estrato de suelo de 0-15 cm, y valores de 2,2 a 4,8 % en el estrato de 15-30 cm de profundidad, lo que garantiza que se tendrá materia orgánica para mineralizar.

Con respecto a la concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$, los incrementos fueron considerables. La concentración de nitrato en los tratamientos con estiércol respecto al testigo después de cuatro años de estar aplicándolo fue de 375 y 285 % mayor para la profundidad de 0-15 cm y 15-30 cm, respectivamente. Finalmente, la concentración de potasio (datos no mostrados) en la profundidad de 0-15 cm mostró valores desde 2,55 en el testigo hasta 32,92 ppm en el tratamiento de 160 Mgr/ha de estiércol. Para la profundidad de 15-30 cm, reflejó valores que van desde 1,24 hasta 21,58 ppm en el tratamiento de 120 Mgr/ha de estiércol.

Extracción de nutrientes por la planta. En relación a los parámetros de calidad del forraje, que para la producción de leche en esta región son de gran importancia para mantener la calidad y cantidad de este producto, los resultados encontrados en promedio por tratamiento se muestran en las figuras 4 a 8. La extracción de nitrógeno del forraje de maíz fue mayor en el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol, con 753,3 Kg/ha de nitrógeno extraído. Esto es el doble de extracción con respecto al testigo que muestra valores de 353,5 Kg/ha. Para el forraje de maíz-soja la extracción más alta fue nuevamente para el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol, que extrajo 563,6 Kg /ha de nitrógeno (Fig. 4).

Tabla 4. Comportamiento de algunas características físico-químicas del suelo al inicio del ciclo 1998 y en 2001, CAE-FAZ-UJED.

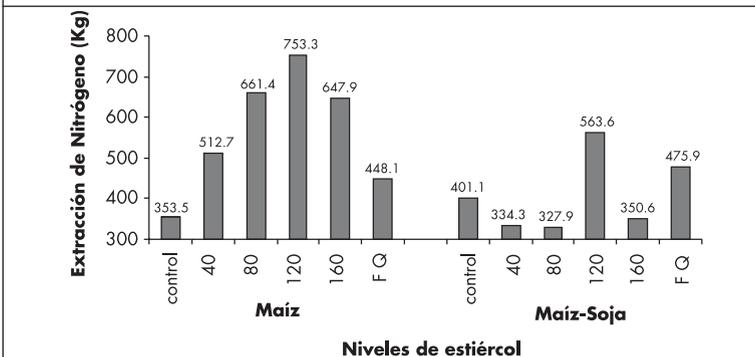
Table 4. Physico-chemical soil characteristics at the beginning of 1998 and 2001, CAE-FAZ-UJED.

Profundidad cm	MO %		CE dS/m		Nitratos ppm		pH	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
1998 antes	1,93	1,58	1,36	1,33	14	7	8,41	8,25
2001 inicio 0 Mgr/ha	2,00	0,32	1,91	2,09	23	26	8,25	8,23
40 Mgr/ha	4,49	0,17	4,19	3,52	24	21	8,2	8,33
80 Mgr/ha	4,37	0,86	5,51	2,44	26	20	8,18	8,33
120 Mgr/ha	6,38	0,63	7,2	4,39	32	60	8,38	8,29
160 Mgr/ha	12,54	3,62	5,99	4,33	63	70	8,21	8,18
F. Q.	2,13	0,59	4,08	4,75	29	30	8,23	8,22
2001 final 0 Mgr/ha	2,9	2,07	2,18	2,24	8,5	27,5	7,4	7,05
40 Mgr/ha	3,59	2,21	6,27	5,03	12,5	27,5	7,11	7,3
80 Mgr/ha	4,28	4,42	7,02	6,87	42,5	32,5	7,83	7,9
120 Mgr/ha	6,35	4,83	6,41	6,75	32,5	32,5	7,35	7,5
160 Mgr/ha	5,66	4,42	6,43	6,62	32,5	32,5	7,19	7,84
F. Q.	2,07	2,76	6,09	6,96	22,5	92,5	7,3	8,2

F.Q. = Fertilizante químico (100-150-00)

Fig. 4. Extracción de Nitrógeno por las plantas de maíz y de maíz-soja según niveles de estiércol (Megagramos/ha).

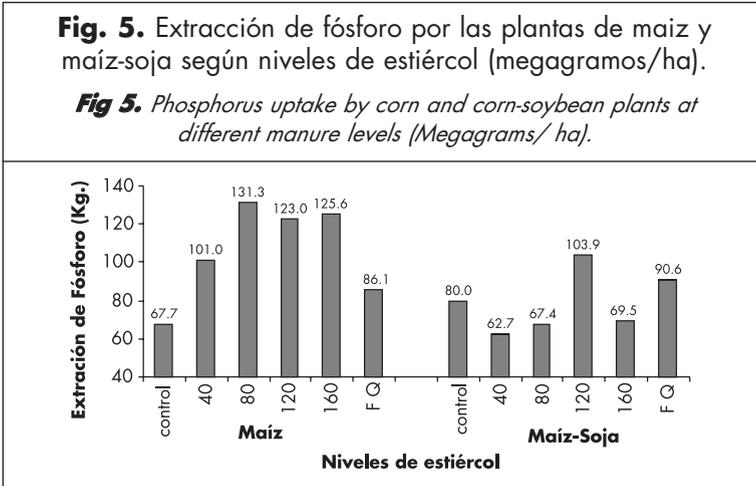
Fig 4. Nitrogen uptake by corn and corn-soybean plants at different manure levels (Megagrams/ ha).



En fósforo la extracción más alta para forraje de maíz se presentó en el tratamiento de 80 Megagramos/ha de estiércol, con 131,3 kg/ha de fósforo extraído, versus 67,7 kg/ha del testigo. Para el forraje de maíz-soja la extracción más alta fue en el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol con 103,9 kg/ha extraídos versus 80 kg del testigo (Fig. 5).

Fig. 5. Extracción de fósforo por las plantas de maíz y maíz-soja según niveles de estiércol (megagramos/ha).

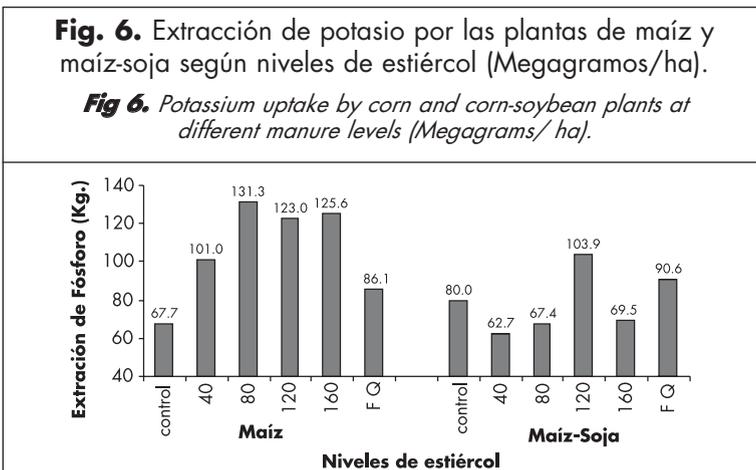
Fig 5. Phosphorus uptake by corn and corn-soybean plants at different manure levels (Megagrams/ ha).



El forraje de maíz mostró mayor extracción de potasio en el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol con 761,4 kg/ha versus 382,7 kg/ha del testigo. Al mismo tiempo, el forraje de maíz-soja mostró la más alta extracción en el mismo tratamiento con un valor de 571,3 kg/ha (Fig. 6).

Fig. 6. Extracción de potasio por las plantas de maíz y maíz-soja según niveles de estiércol (Megagramos/ha).

Fig 6. Potassium uptake by corn and corn-soybean plants at different manure levels (Megagrams/ ha).



Para calcio y magnesio los valores de extracción más altos en maíz son para el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol con 178,2 y 106,0 kg/ ha, respectivamente, mientras que para maíz-soja los valores más altos en el mismo tratamiento fueron 128,3 y 73,3 kg/ha de calcio y magnesio extraídos, respectivamente (Figs. 7 y 8).

Fig. 7. Extracción de calcio por las plantas de maíz y maíz-soja según niveles de estiércol (Megagramos/ha).

Fig 7. Calcium uptake by corn and corn-soybean plants at different manure levels (Megagrams/ha).

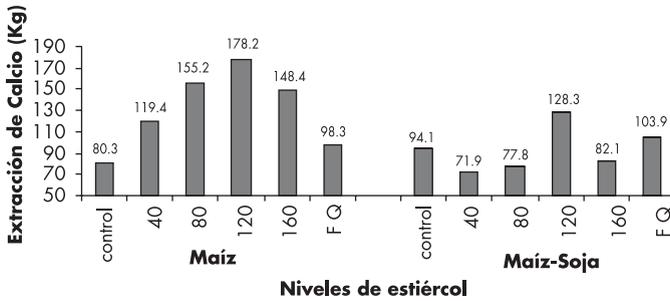
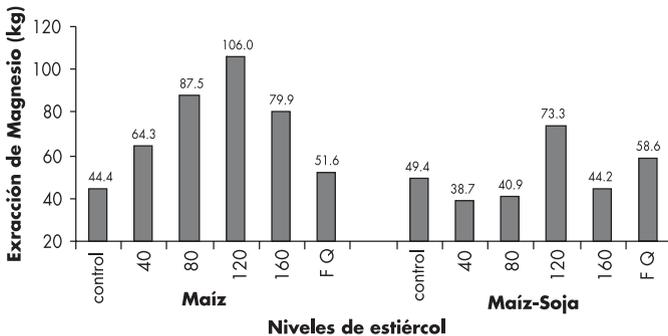


Fig. 8. Extracción de Magnesio por las plantas de maíz y maíz-soja según niveles de estiércol (Megagramos/ha)

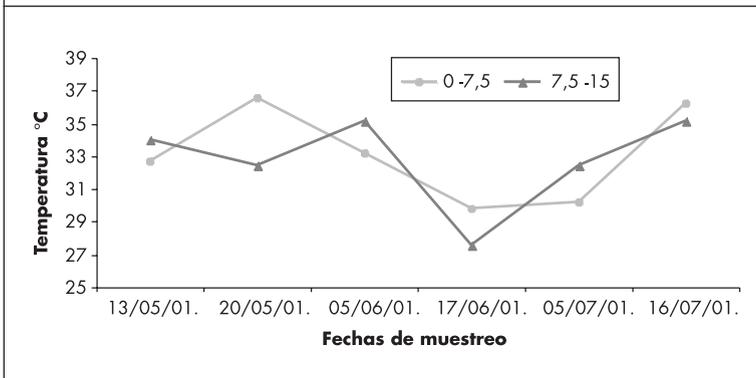
Fig 8. Magnesium uptake by corn and corn-soybean plants at different manure levels (Megagrams/ha).



En el ciclo agrícola primavera-verano del 2001, las temperaturas medias subsuperficiales en el suelo se mantuvieron dentro del rango para la actividad microbiana (óptimo 25 a 36 °C) como se observa en la Fig. 9. No existieron diferencias estadísticas en temperatura para los tratamientos de estiércol (datos no mostrados). Esto indica que dichos tratamientos de estiércol no tuvieron influencia en la temperatura del suelo a las profundidades estudiadas. Por otra parte cabe señalar que las temperaturas fluctuaron entre los 27 y 36,5 °C, que son las temperaturas óptimas para la biodegradación de la materia orgánica. Temperaturas similares fueron encontradas por Salazar et al. (2003) en un trabajo de tomate en el mismo sitio experimental.

Fig. 9. Comportamiento de la temperatura del suelo en distintas fechas de muestreo a 0-7,5 y 7,5-15cm de profundidad del suelo

Fig 9. Soil temperature variation at different sampling dates at 0 - 7.5 and 7.5 - 15 cm soil depth.



CONCLUSIONES

El forraje de la asociación de Maíz “San Lorenzo” con la Soja mostró contenidos de Proteína Cruda de 28 puntos porcentuales mayores que el forraje de Híbridos conocidos de maíz.

Previo análisis de suelo, se puede iniciar la aplicación con una dosis de 80 a 120 Megagramos/ha, aplicando el estiércol al menos un mes antes y procurando una buena distribución en el terreno.

Las más altas extracciones de N-P-K, Ca y Mg del suelo por la planta se presentaron en el tratamiento de 120 Megagramos/ha de estiércol, indistintamente para maíz y maíz-soja.

El mayor rendimiento de maíz fue encontrado en los tratamientos de 80-120 Mgr/ha. Sin embargo, no se deben de aplicar estas dosis en forma constante entre años sin antes controlar la salinidad del suelo, principalmente antes de sembrar.

REFERENCIAS

- Aguirre L.O. (1981). Guía climática para la Comarca Lagunera CIAN-INIA -SARH. Matamoros Coahuila, México. 174 p.
- Biblioteca de la Agricultura. Suelos, abonos y materia orgánica (1998) 2ª. Edición. IDEA BOOKS S.A. Barcelona España. 25,38, 98 p.
- Claude J.P. (1995). The sustainability and potential of subsurface drip irrigation. Microirrigation for a changing world: Conserving Resources/Preserving the Environment. ASAE publication. 4-95.
- CNA (Comisión Nacional del Agua) (2002). Priorización de acciones detalladas 2002-2006 Gerencia Regional VII, Cuencas Centrales del Norte. Torreón, Coahuila. 33 p.
- Howell T.A, A.D. Schneider y B.A. Stewart (1995). Subsurface and surface microirrigation of corn U.S. Southern high plains. Preserving the Environment. ASAE publication. 4-95.
- Martínez G.A. (1996). Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. México. Editorial Trillas. 118 p.
- NRCS. (2000). Agricultural waste management field handbook. Natural Resource Conservation Service. USDA.
- S.A.G.A.R. Anuario estadístico de la producción agropecuaria (1997). Lerdo, Dgo.
- Salazar Sosa E., Cirilo Vázquez-V., Héctor Idilio Trejo Escareño y Oscar Rivera Olivas (2003). Aplicación manejo y descomposición del estiércol de ganado bovino. *Agricultura orgánica*. 1997: 18-36.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2002). Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo. Dgo.