



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,  
A.C.  
México

Serrato Sánchez, Raúl; Ortiz Arellano, Alvaro; Dimas López, José; Berúmen Padilla, Salvador  
Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México  
Terra Latinoamericana, vol. 20, núm. 3, julio-septiembre, 2002, pp. 329-336  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320312>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# APLICACION DE LAVADO Y ESTIERCOL PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS EN LA COMARCA LAGUNERA, MEXICO

Leaching and Manure Treatments to Reclaim Salty Soils in Comarca Lagunera, Mexico

Raúl Serrato Sánchez<sup>1</sup>, Alvaro Ortíz Arellano<sup>2</sup>, José Dimas López<sup>1</sup>  
y Salvador Berúmen Padilla<sup>1</sup>

## RESUMEN

La superficie irrigable en la Comarca Lagunera es de aproximadamente 150 000 ha, de las cuales más de 12% están afectadas en diversos grados por salinidad o sodicidad. Un caso es el de las tierras del norte del municipio de Gómez Palacio, Durango, donde se realizó este estudio con el objetivo de evaluar la recuperación de suelos salinos mediante la aplicación separada de varios niveles de láminas de agua y distintas dosis de materia orgánica, utilizando como referencia la producción de zacate ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.). La investigación comprendió dos experimentos en forma independiente: en el primero, se aplicó lavado de suelo con 0.9, 1.2 y 1.5 m de lámina de agua con 0 lámina de agua como testigo y, en el segundo, se aplicaron cantidades de estiércol de bovino: 20, 40, y 60 Mg ha<sup>-1</sup> con 0 estiércol como testigo. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En cada tratamiento, se determinó la producción de materia seca, tomando muestras de 0.25 m<sup>2</sup> al centro de la parcela. La relación beneficio-costo se obtuvo para cada tratamiento. La producción de materia seca, para los tratamientos de lavado, mostró diferencia no significativa y sólo en el testigo se encontró una relación beneficio-costo positiva. A la aplicación de 60 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol correspondió el rendimiento más alto (11.0 Mg ha<sup>-1</sup>) y la mayor recuperación económica, aunque no hubo diferencia significativa entre tratamientos y testigo.

**Palabras clave:** Lámina de riego, materia orgánica, zacate ryegrass anual, *Lolium multiflorum*.

## SUMMARY

Twelve percent of the 150 000 ha of irrigated land in the Comarca Lagunera is affected by different levels of salinity and sodicity. Such is the case of the north of Gomez Palacio, Durango, Mexico, where this study was conducted. The objective of this experiment was to evaluate reclamation of saline soils by using different leaching levels or organic matter. Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) was the reference crop. This study was conducted in an area located at 18.5 km north of Gomez Palacio, Dgo., where alfalfa and corn yields range from 20 to 40% below the regional yield average. This research consisted of two independent experiments. The first consisted of the application of leaching with 0, 0.9, 1.2, and 1.5 m lamina of water, with 0 water as a control, and the second of amendments of manure using 0, 20, 40, and 60 Mg ha<sup>-1</sup>, with 0 manure as a control. Manure was incorporated to the soil at a depth of 30 cm. A complete randomized block design with four replications was used for statistical analysis. Ryegrass was established and managed as recommended by BANRURAL (1979). To evaluate yield of dry matter, samples were taken within a circle with a diameter of 0.25 m diameter at the center of the plot. The dry matter of three sampling dates were added to obtain total yield that was used for statistical analysis. Economic analysis was performed to determine benefit-cost ratio. Dry matter yield of leaching treatments was higher than control, but only the control had a positive benefit-cost ratio. All leaching treatments, using water from the irrigation district, had higher benefit than cost. With the manure as soil amendment, both dry matter yield and benefit-cost ratio were greater than 1 for all treatments. However, the treatment of 60 Mg ha<sup>-1</sup> of manure resulted in the highest yield (11.0 Mg ha<sup>-1</sup>) and the highest investment recovery, even though no statistical

<sup>1</sup> Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. ([rserras@yahoo.com](mailto:rserras@yahoo.com))

<sup>2</sup> Dirección General de Enseñanza Tecnológica Agropecuaria. Torreón, Coahuila, México.

difference for dry matter production between treatments and control was detected.

**Index words:** *Depth of applied water, organic matter, ryegrass, Lolium multiflorum.*

## INTRODUCCION

Las áreas de suelo afectadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo, pero cobran mayor importancia, para el hombre, en aquellas superficies de las zonas áridas y semiáridas que se han abierto a la agricultura intensiva (Russo, 1985; Crescimanno *et al.*, 1995).

En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en el perfil del suelo. Se estima que la superficie afectada es del orden de 1 millón de ha (Fernández, 1990).

La superficie irrigable en la Comarca Lagunera es de aproximadamente 150 000 ha de las cuales más de 12% están afectadas en diversos grados por sales o sodio, ya que en ella convergen: presencia de material aluvial original rico en sales, uso de agua de riego de mala calidad que aportan una gran cantidad de sales, uso de suelos arcillosos sensibles al ensaltramiento y fuerte intensidad de explotación de agua y suelo durante todo el año (Cepeda, 1985).

Para recuperar los suelos con problemas de sales o sodio intercambiable existen los siguientes métodos: físico: lo constituyen el barbecho profundo, el subsuelo y la adición de arena o inversión del perfil; biológico: consiste en incorporar estiércol, abonos verdes y establecimiento de cultivos tolerantes a las sales; eléctrico: se logra haciendo pasar una corriente directa a un volumen dado de suelo; hidrotécnico: o sea, el lavado y el drenaje; y químico: se basa en el intercambio de sodio por calcio mediante el uso de las sales cálcicas de alta solubilidad, así como de ácidos y sustancias formadas de ácido, cuando el suelo contiene calcio en forma precipitada (Aceves, 1976).

El método más utilizado para la recuperación de suelos salinos es el lavado o la lixiviación de las sales solubles con agua de baja salinidad; este método consiste básicamente en aplicar una lámina grande de agua para disolver las sales y removerlas de la zona radical del cultivo. Aunque para lavar un suelo salino es indispensable que éste sea permeable y que exista

una salida para el agua de drenaje, pero también la tolerancia del cultivo a establecer es importante (Keren y Miyamoto, 1990).

Aceves (1979) mencionó que el método hidrotécnico consiste en manejar la cantidad y calidad química de las aguas disponibles para mantener las sales solubles y las intercambiables a un nivel que no afecten, directa o indirectamente, el desarrollo de los cultivos y, según Richards (1980), es el procedimiento más efectivo para eliminar el exceso de sales solubles del suelo.

En un estudio realizado con láminas de agua (LA) de 30, 60 y 80 cm para medir el incremento en la producción de maíz, el aumento en la eficiencia del N y la disminución en la pérdida de NO<sub>3</sub>, Drury *et al.* (1997) encontraron que la mayor pérdida de NO<sub>3</sub> se dio a la menor LA (30 cm), pero se vio reducida en 54% con 60 cm de LA y aun fue menor con 80 cm. Sin embargo, la producción de maíz fue mayor al aplicar 60 cm de LA considerando que 80 cm de LA produjo estrés en la planta que limitó su crecimiento. A pesar de que estos autores hicieron este trabajo en laboratorio y fueron conscientes de que en el campo existen condiciones que no se pueden controlar, sugirieron que esa información puede usarse para seleccionar tratamientos clave para posteriores estudios en el campo.

González *et al.* (1985) realizaron un experimento en columnas de suelo para obtener las láminas de lavado adecuadas para suelos de textura ligera, media y pesada, con diferentes tipos de salinidad. Encontraron que para un suelo de textura media, la lámina de lavado por esta metodología de columnas fue de 62 cm, independientemente del tipo de salinidad presente.

Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, la adición de estiércol al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica. En general, esto incrementa la disponibilidad de muchos nutrimentos para las plantas, así como la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua en tanto que la densidad aparente se disminuye (Castellanos, 1985).

Castellanos *et al.* (1996) realizaron un estudio para observar el efecto de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre la producción de forraje de ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.) y de maíz forrajero sobre las propiedades de un suelo migajón arcilloso del norte de México. Los tratamientos fueron: 30, 60, y 120 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y una sola dosis

de 240 Mg ha<sup>-1</sup> en 1981. El ryegrass anual se estableció durante el invierno y maíz forrajero durante el verano. Encontraron que la producción de ryegrass para los tratamientos de 30 y 60 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> fueron 22 y 33% más altos, respectivamente, que la no-aplicación de estiércol. Estos autores concluyeron que la aplicación de estiércol tuvo efectos significativos positivos sobre el rendimiento de ryegrass anual durante todos los años y cortes, pero sólo durante algunos años en el maíz.

El predio en el cual se realizó este trabajo de investigación cuenta con 95 ha que tradicionalmente se siembran con alfalfa (*Medicago sativa* L.), maíz forrajero (*Zea mays* L.), avena (*Avena fatua* L.) y zacate ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.), cuyos registros de producción indican producciones que varían de 20 a 40% por debajo de la media regional que es de 13 Mg año<sup>-1</sup> de materia seca (CIAN, 1994). Los propietarios culpan de ello al tipo de suelo presente, en el cual afloran visiblemente, en algunas partes más que en otras, sales.

Hasta ahora, la estrategia que han implementado los dueños es no sembrar en las partes más dañadas por lo que se permitió establecer el presente experimento en esos terrenos con el objetivo de investigar su recuperación mediante la aplicación separada de varios niveles de láminas de agua y distintas dosis de materia orgánica, utilizando como referencia la producción de zacate ryegrass anual.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en un predio que se localiza a 18.5 km al norte de Gómez Palacio, por la carretera hacia Bermejillo, Durango. Las coordenadas son: 25° 47' 21" N y 103° 32' 54" O (SPP, 1978). El clima es del tipo Bwhw(e); esto es: seco, árido y semicálido (CETENAL-UNAM, 1970). La temperatura máxima promedio en los meses del estudio fue de 31.6 °C, la temperatura mínima promedio fue de 15.7 °C y la temperatura media de 23.65 °C. La precipitación total fue de 93 mm.

De acuerdo con la carta edafológica (INEGI, 1971), los suelos del predio en estudio corresponden a los Typic natrargid (Soil Survey Staff, 1998), con profundidad mayor que 1.2 m. El pH oscila entre 7.69 y 8.28. El porcentaje de materia orgánica está entre 1.31 y 1.65 y se clasifica en medianamente pobre. Tiene 7.14% de carbonatos totales (CO<sub>3</sub>). Cuenta con una conductividad eléctrica de 4.09 a 5.67 dS m<sup>-1</sup> por lo que, de acuerdo con Aceves (1976) y Castellanos *et*

*al.* (2000), se clasifica como salino. Cuenta con una capacidad de intercambio catiónico de 21.85 cmol y un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor que 13.22%.

Para tener una referencia más actual, se realizaron análisis químicos del agua de riego y del estiércol, provenientes ambos del pozo profundo y del establo lechero de la granja en estudio, en el laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera. También se realizaron análisis físico y químico del suelo antes y después de aplicados los tratamientos, así como del agua de gravedad proveniente del Río Nazas, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

La investigación se desarrolló de mayo de 1998 a junio de 1999. Comprendió dos experimentos en forma independiente: Experimento 1, se aplicó lavado de suelo con 0.9, 1.2, y 1.5 m de lámina de riego, con 0 m de lámina de agua como testigo; y Experimento 2, se aplicaron tres dosis de estiércol de bovino lechero: 20, 40, y 60 Mg ha<sup>-1</sup>, con 0 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol como testigo. Cinco meses antes de la siembra, el estiércol se incorporó al suelo con una rastra de discos.

En este trabajo, debido a la incredulidad de los productores sobre la bondad de los tratamientos aplicados, se prefirió usar, como referencia, la producción de materia seca del zacate ryegrass anual en lugar de los cambios en el suelo de: textura, estructura, pH, MO y CIC, mencionados por Primo y Carrasco (1987). Zacate ryegrass anual es una especie que presenta un intervalo amplio de adaptación a los suelos, siendo tolerante a suelos ácidos y alcalinos (pH de 5.0 a 7.8; Oregon State University, 1999), además de ser considerado, nutricionalmente, como uno de los mejores zacates para la alimentación de ganado bovino (Minson, 1990).

Para el Experimento 1, el tamaño de las parcelas fue de 10 x 10 m, con una separación entre ellas de 1 m. Se cavó una zanja de aproximadamente 1.5 m de profundidad inmediatamente al lado del lote experimental para observar la presencia de agua percolada. En mayo, se aplicaron las láminas de agua en cantidades sucesivas de 0.3 m cada una con un intervalo de 15 días hasta completar el tratamiento respectivo, esperando cumplir el objetivo de lavar el suelo antes de la siembra.

Para el Experimento 2, el tamaño de las parcelas fue de 3 x 3 m con 1 m de separación entre parcelas.

El arreglo de las parcelas fue de acuerdo con el diseño bloques al azar, con cuatro repeticiones.

Para validar los tratamientos se usó el programa de manejo recomendado por el BANRURAL (BANRURAL, 1979). La preparación del terreno consistió en barbecho, a una profundidad de 0.3 m, rastreo con rastra doble y trazo de riego construyendo los bordos con 0.5 m de altura. Se sembró dentro del período óptimo recomendado que es del 15 de septiembre al 31 de octubre. Se usó la cantidad recomendada de 30 kg de semilla ha<sup>-1</sup>. Se sembró en plano, en seco, con sembradora triguera a una profundidad de siembra de 0.1 a 0.15 m. Se usó la variedad Oregon común. Se aplicaron 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> más 40 kg de N a la siembra y, en la etapa productiva, 60 kg de N entre cortes. Se regó para sembrar a tierra venida y, posteriormente, se dio un riego entre cortes con una lámina promedio de 0.15 m por riego. Se siguió la recomendación de hacer el primer corte 70 días después de la siembra y dejar 25 a 30 días de intervalo entre cortes.

La producción en cada lote se cuantificó mediante el corte de una muestra circular de 0.25 m<sup>2</sup> en el centro de la parcela. Esto se repitió tres veces y la suma de estos tres cortes se utilizó para hacer el análisis estadístico de los datos con el paquete de diseños experimentales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994).

Para todos los tratamientos, en ambos experimentos, se obtuvo la relación beneficio-coste (Anderson, 1981).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La conductividad eléctrica (CE) del agua de riego usada (3.18 dS m<sup>-1</sup>), según las directrices de Ayers y Westcot (1987), no tiene restricción para ser usada en los cultivos del predio en estudio aunque la cantidad de sólidos totales presentes en la muestra (2985 mg L<sup>-1</sup>) es superior a 2000 mg L<sup>-1</sup> que estos mismos investigadores señalaron para una restricción de uso severo (Cuadro 1). Resultados similares se encontraron en el análisis del agua de riego en el cual, incluso, la CE fue menor (0.54 dS m<sup>-1</sup>) (Cuadro 2).

El análisis químico del estiércol usado permitió conocer la cantidad de nutrimentos principales y de sales solubles que se incorporaron al suelo (Cuadro 3). En general, el contenido de N y P estuvo dentro del promedio encontrado por Castellanos (1987), aunque el contenido de ceniza, tomado como indicador de la calidad del estiércol, fue menor que el mínimo señalado por este autor, quizás porque el estiércol usado en esta investigación se tomó cuando aun no

**Cuadro 1. Análisis del agua de riego usada en el lavado del suelo de la Granja Hidalgo, municipio de Gómez Palacio, Durango. (Laboratorio Agropecuario Regional de la Comarca Lagunera). 1998.**

Descripción <sup>†</sup>	Unidad	Cantidad	Parámetro <sup>‡</sup>
pH		7.37	6.5-8.5
CE	dS m <sup>-1</sup>	3.18	
Ca	meq L <sup>-1</sup>	13.31	200
Mg	meq L <sup>-1</sup>	6.72	125
Na	meq L <sup>-1</sup>	13.6	1000
K	meq L <sup>-1</sup>	0.16	
RAS	(meq L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	4.29	
CO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	0.0	
HCO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	4.14	
Cl	meq L <sup>-1</sup>	3.41	250
SO <sub>4</sub>	meq L <sup>-1</sup>	23.67	500
NO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	0.18	
Dureza total	mg L <sup>-1</sup>	1001.5	500
Alcalinidad total	mg L <sup>-1</sup>	207.0	400
Sólidos totales	mg L <sup>-1</sup>	2985.0	1000

<sup>†</sup>CE = conductividad eléctrica. RAS = relación de adsorción de sodio.

<sup>‡</sup>Máximo permitido por la norma oficial mexicana: NOM-127-SSA1-1994, en mg L<sup>-1</sup>.

presentaba signos muy visibles de descomposición por la acción microbiana.

### Experimento 1: Lavado del Suelo

En general, la concentración de nutrimentos en el suelo antes y después de aplicar los tratamientos de lavado del suelo no tuvo cambios que presentaran alguna lógica. Sin embargo, se resalta el comportamiento del pH y de la CE que aumentaron

**Cuadro 2. Análisis del agua de gravedad proveniente del río Nazas. Comarca Lagunera. 1998.**

Descripción <sup>†</sup>	Unidades	Cantidad	Clasificación
pH		7.54	6.5-8.5
CE	dS m <sup>-1</sup>	0.54	
Ca	meq L <sup>-1</sup>	3.4	
Mg	meq L <sup>-1</sup>	2.0	
Na	meq L <sup>-1</sup>	0.36	
K	meq L <sup>-1</sup>	0.0	
RAS	(meq L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	0.21	
CO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	0.0	
HCO <sub>3</sub>	meq L <sup>-1</sup>	4.8	
Cl	meq L <sup>-1</sup>	0.88	
SO <sub>4</sub>	meq L <sup>-1</sup>	2.3	
CSR	meq L <sup>-1</sup>	0.6	Buena clase
PSP	meq L <sup>-1</sup>	14.93	Buena clase
Salinidad efectiva	meq L <sup>-1</sup>	2.41	Buena clase
Salinidad potencial	meq L <sup>-1</sup>	2.03	Buena clase

<sup>†</sup>CE = conductividad eléctrica. RAS = relación de adsorción de sodio. CSR = contenido de sodio residual. PSP = porcentaje de sodio posible.

**Cuadro 3. Análisis químico del estiércol de bovino lechero de la Granja Hidalgo, municipio de Gómez Palacio, Durango. 1998.**

N	P	K	Ca	Mg	Na	Sales solubles	Relación C/N	Ceniza
----- kg Mg <sup>-1</sup> -----								
1.69	0.48	3.8	3.72	0.65	0.58	6.0	16	35.4

ligeramente en cada uno de los tratamientos (Cuadro 4). El contenido de NO<sub>3</sub> se disminuyó principalmente con el lavado de menor lámina de agua (40.0 a 10.0 meq L<sup>-1</sup>), lo cual coincide con los resultados encontrados por Drury *et al.* (1997) al probar tratamientos de 30, 60 y 80 cm de lavado de suelo.

El análisis de varianza de la producción de zacate ryegrass anual con diferentes láminas de riego no indicó diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 5), por lo que se realizó un análisis económico para obtener la relación beneficio-costado de cada tratamiento.

La mayor producción de materia seca (11.23 Mg ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con la aplicación de 1.5 m de lámina de agua, seguida por 10.48 Mg ha<sup>-1</sup> obtenida al aplicar 0.9 m de agua y por 10.31 Mg ha<sup>-1</sup> resultante de aplicar 1.2 m de agua. La producción de materia seca más baja (8.4 Mg ha<sup>-1</sup>) se observó en el testigo, o sea, sin aplicación de lavado del suelo (Cuadro 5).

Para la Comarca Lagunera, el CIAN (1994) reportó un promedio de producción de 13 Mg ha<sup>-1</sup> en ryegrass anual; sin embargo, en este estudio, la mejor producción no alcanzó ese promedio, quizás porque el

pH del suelo no bajó al rango de 5.5 a 7.5 en que ocurre el mejor crecimiento de ese zacate (Oregon State University, 1999).

A pesar de que el mayor rendimiento total obtenido en esta investigación fue menor que el reportado por Quiroga y Farías (16.87 Mg ha<sup>-1</sup>) en 1994, esta cifra se considera aceptable por que estos autores reportaron cuatro cortes al ryegrass anual con un promedio de 3.73 Mg ha<sup>-1</sup> por corte y en este trabajo se obtuvieron 3.7 Mg ha<sup>-1</sup> en promedio de los tres cortes (Cuadro 5).

El mejoramiento en la producción con el lavado de suelo pudo deberse a que se incrementó la humedad disponible para la planta y un desplazamiento de las sales hacia abajo, lo que disminuyó la presión osmótica del suelo y permitió a la planta un mejor aprovechamiento de agua y nutrientes (Aceves, 1979).

La mayor producción obtenida en ryegrass con la mayor lámina de riego concuerda con los resultados obtenidos por Drury *et al.* (1997); aunque estos autores trabajaron con maíz, los tratamientos aplicados fueron menores (30, 60 y 80 cm de lámina de agua) y las condiciones completamente controladas.

**Cuadro 4. Análisis químico y del suelo de la Granja Hidalgo, municipio de Gómez Palacio, Durango, antes y después de aplicar los tratamientos de lavado. 1998.**

Nutriente	Lavado antes de tratamientos			Lavado después de tratamientos			Testigo
	----- m -----			----- m -----			
	0.9	1.2	1.5	0.9	1.2	1.5	
pH	7.61	7.97	8.03	8.18	8.18	8.24	8.04
MO <sup>†</sup>	1.44	1.38	1.38	1.38	1.51	1.72	1.51
CO <sub>3</sub> insoluble	7.32	7.15	7.32	5.81	5.97	5.5	6.79
CE <sup>‡</sup>	4.1	4.47	5.67	4.74	4.97	6.42	4.31
Ca	12.0	18.0	19.6	28.4	24.4	25.2	18.0
Mg	4.8	3.2	10.4	8.0	5.6	9.2	2.8
Na	37.4	41.0	49.3	38.7	35.6	32.3	36.8
K	1.0	0.8	1.17	1.3	1.2	1.5	1.2
CO <sub>3</sub>	0	1.2	2.0	0	0	0	1.2
HCO <sub>3</sub>	8.4	5.6	5.2	5.2	4.0	12.4	5.2
SO <sub>4</sub>	40.8	37.8	44.4	52.8	61.2	64.0	38.8
Cl	4.7	8.5	5.1	4.4	3.4	10.6	4.7
NO <sub>3</sub>	40.0	23.5	31.0	10	21.9	13.0	38.0
P	5.5	4.0	5.5	6.0	4.2	5.3	4.5

<sup>†</sup> MO = materia orgánica. <sup>‡</sup> CE = conductividad eléctrica.

**Cuadro 5. Rendimiento de materia seca (Mg ha<sup>-1</sup>) en suelos lavados con diferentes láminas de agua. Comarca Lagunera. 1998-1999.**

Tratamiento	Lámina de agua	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total	Promedio	R B-C (1) <sup>‡</sup>	R B-C (2)
	m							
3	1.5	2.0	4.5	4.6	11.1	3.7 a <sup>†</sup>	0.8	1.4
2	1.2	2.2	3.7	4.4	10.3	3.4 a	0.7	1.3
1	0.9	1.9	3.7	4.8	10.4	3.4 a	0.9	1.3
Testigo	0	1.8	3.5	3.1	8.4	2.8 a	1.2	1.2

CV = 33.16%

<sup>†</sup> Letras iguales indican diferencia no significativa.<sup>‡</sup> R B-C (1) = Relación beneficio-costo con agua de bombeo. R B-C (2) = Relación beneficio-costo con agua de gravedad.

Caballero *et al.* (2001) establecieron que cuando el agua aplicada se incrementa y la humedad del suelo excede la capacidad de campo, el drenaje y el escurrimiento de las sales se inician, por lo que en este trabajo se esperaba que hubiera percolación en alguno de los tratamientos, pero esto no sucedió, quizás, por falta de pendiente, poca profundidad del drenaje construido, alta permeabilidad o suelo muy profundo lo que no permitió el drenaje horizontal. En este aspecto no hubo coincidencia con lo encontrado por Drury *et al.* (1997) quienes observaron escurrimiento de agua a 30 cm de lámina aplicada.

Debido a que en el lavado del suelo se usó agua de bombeo, la relación beneficio-costo fue menor que 1 en todos los tratamientos, salvo el testigo (Cuadro 5). Con esto se confirma lo expuesto por Jameson *et al.* (1974), quienes sugirieron que en investigaciones donde se plantea la introducción de cambios, siempre debe existir un tratamiento que signifique “no hacer nada nuevo”, ya que en ocasiones, como la del presente trabajo, es mejor no aplicar ningún tratamiento. Los elevados costos de producción obtenidos con el uso de agua de bombeo en este trabajo fueron similares a los que se presentan en otros distritos de riego del mundo donde se impulsa a los agricultores a buscar otras alternativas más baratas, como el uso de riego superficial o de aguas negras (Mace y Amrhein, 2001).

Sin embargo, de acuerdo con Aceves (1979), el lavado de los suelos puede ser una alternativa aceptable en aquellos lugares donde se cuente con agua de gravedad, la cual puede tener un costo hasta seis veces menor que el agua de bombeo. En este trabajo la relación beneficio-costo fue mayor que 1 en todos los tratamientos (Cuadro 5) cuando se consideraron los costos del agua proveniente del río Nazas.

## Experimento 2: Aplicación de Estiércol Vacuno

La concentración de nutrimentos en el suelo en estudio antes y después de aplicar los tratamientos de estiércol, en general, aumentó, aunque en el caso del Mg sucedió lo contrario en todos los niveles de estiércol. NO<sub>3</sub> fue el nutrimento que aumentó su concentración con la aplicación de estiércol, aunque fue más notable con la dosis de 20 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 6).

Con la aplicación de 60 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol se obtuvieron 11.0 Mg ha<sup>-1</sup> de materia seca de ryegrass anual en tres cortes, en tanto que con la aplicación de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol la producción de materia seca fue de 10.1 Mg ha<sup>-1</sup>. Con 20 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino lechero la producción total de materia seca fue de 9.3 Mg ha<sup>-1</sup> y, finalmente, al no aplicar ninguna cantidad de estiércol de bovino lechero se obtuvo la producción de materia seca de ryegrass anual más baja de 8.8 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 7).

El incremento obtenido en la producción de materia seca del ryegrass anual a medida que se aumentó la cantidad aplicada de estiércol de bovino lechero fue un reflejo del mejoramiento de las propiedades del suelo, pues de acuerdo con Díaz *et al.* (1993), la principal utilidad de la incorporación de materia orgánica en suelos agrícolas está en el mejoramiento de la estructura del suelo. Además, con el estiércol se añadieron al suelo diversas cantidades de nutrimentos (Cuadro 6) que mejoraron la fertilidad del suelo.

Paul y Clark (1989) explicaron que en el proceso de descomposición de la MO, los microorganismos del suelo liberan CO<sub>2</sub>, el cual, al combinarse con el agua, forma ácido carbónico que puede hacer solubles a sales de calcio precipitadas en el suelo; además, esos abonos orgánicos juegan un papel muy importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales

**Cuadro 6. Análisis químico del suelo de la Granja Hidalgo, municipio de Gómez Palacio, Durango, antes y después de aplicados los tratamientos de estiércol. 1998.**

Nutrimento	Antes de aplicación de estiércol			Después de aplicación de estiércol			Testigo
	Mg ha <sup>-1</sup>						
	20	40	60	20	40	60	
pH	7.87	7.97	8.1	8.18	8.17	8.21	8.04
MO <sup>‡</sup>	1.51	1.65	1.38	2.07	2.65	2.2	1.51
CO <sub>3</sub> <sup>‡</sup> insoluble	7.15	1.5	6.19	4.87	4.55	5.5	6.79
CE <sup>‡</sup>	4.3	4.59	4.69	5.11	4.97	5.79	4.31
Ca	16.4	17.6	18.4	27.2	23.6	26.4	18.0
Mg	12.4	13.2	11.2	7.2	6.4	8.0	2.8
Na	35.3	35.4	29.91	43.6	35.6	26.0	36.8
K	1.1	0.8	1.1	1.9	1.5	2.6	1.2
CO <sub>3</sub>	0	0.8	1.2	0	0	0	1.2
HCO <sub>3</sub>	5.2	5.6	5.6	17.2	5.2	2.6	5.2
SO <sub>4</sub>	44.4	42.4	40.0	52.8	61.2	65.8	38.8
Cl	6.4	7.5	5.4	14.7	3.4	8.2	4.7
NO <sub>3</sub>	26.5	9.5	56.0	62.0	11.0	44.5	38.0
P	3.7	10.0	8.5	3.9	10.2	8.9	4.5

<sup>‡</sup> MO = materia orgánica. <sup>‡</sup> CE = conductividad eléctrica.

haciéndolos más aprovechables por las plantas. Estos principios se manifestaron en estos resultados, obteniendo mayor producción de forraje a mayor cantidad de estiércol aplicado al suelo.

Estos resultados también están de acuerdo con los reportados por Meek *et al.* (1982), quienes encontraron que el incremento de materia orgánica en el suelo por la aplicación de estiércol en las regiones áridas se asoció al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

La aplicación de 60 Mg ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino lechero tuvo una producción mayor que 2.2 Mg ha<sup>-1</sup> comparada con el testigo (Cuadro 7), lo cual concuerda con lo obtenido por Castellanos *et al.* (1996), quienes realizaron, de 1981 a 1987, un trabajo el cual consistió en cuatro tratamientos con aplicación de estiércol de bovino lechero en dosis de 0, 30, 60, 120 y 240 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en un suelo similar al del presente estudio. Estos autores reportaron que con la aplicación de 60 Mg ha<sup>-1</sup> en el primer año obtuvieron 12.7 Mg ha<sup>-1</sup> de materia seca, cantidad muy parecida a

la obtenida en esta investigación con la aplicación de la misma cantidad de estiércol (11.7 Mg ha<sup>-1</sup> con 60 Mg ha<sup>-1</sup>), lo cual es indicativo de que el suelo está en proceso de recuperación.

La relación beneficio-costo es positiva en todos los tratamientos (Cuadro 7), incluso se esperaría que, debido a la degradación paulatina del estiércol en el suelo, la producción de los cultivos que posteriormente sean establecidos sea mayor, con lo que la recuperación económica sería mayor.

Los resultados aquí obtenidos indican la importancia de aplicar cualquiera de los dos tratamientos, ya sea lavado de suelo o aplicación de estiércol de bovino lechero para mejorar la producción de los cultivos establecidos en suelos salinos. Sin embargo, por la disponibilidad de estiércol y la facilidad que representa aplicarlo, se recomendaría el uso de esta práctica, pero con el cuidado de no sobrepasar 60 Mg ha<sup>-1</sup> para no provocar problemas posteriores con las sales y nitratos que ese material contiene.

**Cuadro 7. Rendimiento total de materia seca (Mg ha<sup>-1</sup>) obtenido con aplicación de diferentes dosis de estiércol de bovino lechero. Comarca Lagunera. 1998-99.**

Tratamiento	Estiércol	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total	Promedio	R B-C <sup>†</sup>
	Mg ha <sup>-1</sup>						
3	60	2.4	4.1	4.5	11.0	3.6 a	1.39
2	40	2.3	3.8	4.0	10.1	3.3 a	1.31
1	20	2.1	3.5	3.6	9.3	3.1 a	1.22
Testigo	0	2.2	3.4	3.1	8.8	2.9 a	1.28
CV = 21.11%							

a = Letras iguales indican diferencia no significativa. <sup>†</sup> Relación beneficio-costo.

## CONCLUSIONES

- La producción de materia seca del zacate ryegrass anual fue mayor en todos los tratamientos sobre el testigo, aunque, para que sea económicamente costoso en el lavado del suelo, se debe usar agua de gravedad.
- La dosis de estiércol que generó la más alta producción de materia seca y mayor beneficio económico fue la de 60 Mg ha<sup>-1</sup> aunque no hubo diferencia significativa, en producción de materia seca, con los demás tratamientos, pero se esperaba que en los próximos tres años la recuperación económica sea mayor.

## LITERATURA CITADA

- Aceves, L.A. 1976. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Ediciones PATENA. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Aceves, N.E. 1979. El ensalitrado de los suelos bajo riego. Identificación, control, combate y adaptación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Anderson, L.G. 1981. Guía práctica para el análisis beneficio-coste. Diana. México, D.F.
- Ayers, R.S. y D.W. Westcot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 20. FAO. Roma, Italia.
- BANRURAL. 1979. Paquete tecnológico para los principales cultivos de la Comarca Lagunera. BANRURAL Centro Norte. Torreón, Coahuila.
- Caballero, R., A. Bustos y R. Román. 2001. Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain. *Soil Sci. Am. J.* 65: 1210-1218.
- Castellanos R., J.Z. 1985. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. Temas didácticos. Publicación 2. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación Laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z. 1987. Características de los estiércoles de bovino y gallinaza en la Comarca Lagunera. pp. 79-89. *In: Informe de investigación agrícola en forrajes. SARH-INIFAP-CIAN-Campo Agrícola Experimental de la Laguna. Matamoros, Coahuila.*
- Castellanos, J.Z., J.J. Márquez-Ortiz, J.D. Etchevers, A. Aguilar-Santelises y J.R. Salinas. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of Northern Mexico. *Terra* 14: 151-158.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle y A. Aguilar. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. Segunda edición. Instituto Nacional de Capacitación (INCAPA). Celaya, Gto. México.
- Cepeda, D.J.M. 1985. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- CETENAL-UNAM. Comisión de Estudios del Territorio Nacional-Universidad Nacional Autónoma de México. 1970. Carta de climas Clave 13 R, VIII. Durango. México, D.F.
- CIAN. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. 1994. Guía técnica de los cultivos de la Comarca Lagunera. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Matamoros, Coahuila. México.
- Crescimanno, G., M. Iovino y G. Provenzano. 1995. Influence of salinity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1701-1708.
- Díaz, L.F., G.F. Savage, L.L. Eggerth y C.G. Golueke. 1993. Composting and recycling municipal solid waste. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.
- Drury, C.F., C.S. Tan, J.D. Gaynor, T.O. Oloya, I.J. van Wesenbeeck y D.J. McKenney. 1997. Optimizing corn production and reducing nitrate losses with water table control-subirrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 889-895.
- Fernández, G.R. 1990. Algunas experiencias y proposiciones sobre recuperación de suelos con problemas de sales en México. *Terra* 8: 226-240.
- González, R. del C., M. Ortega, C. Ramírez y J.L. Rone. 1985. Establecimiento de relaciones funcionales entre láminas de lavado, sales desplazadas y sales residuales en suelos salinos. *Agrociencia* 59: 131-147.
- Jameson, D.A., S.A. D'Aquino y E.T. Bartlett. 1974. Economics and management planning of range ecosystems. A.A. Balkema. Rotterdam, The Netherlands.
- Keren, R. y S. Miyamoto. 1990. Reclamation of saline, sodic, and boron affected soils. *In: K.K. Tanji (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manuals and reports on engineering practice* 71. New York.
- Mace, J.E. y C. Amrhein. 2001. Leaching and reclamation of soil irrigated with moderate SAR waters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 199-204.
- Meek, B., L. Graham y T. Donovan. 1982. Longterm effects of manure on water infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1014-1019.
- Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. San Diego, CA.
- Olivares, S.E. 1994. Paquete de diseños experimentales. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- Oregon State University. 1999. Forages management guide. Extension & Station Communication. PNW 501. Oregon State University. Corvallis, OR.
- Paul, E.A. y F.E. Clark. 1989. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press. San Diego, CA.
- Primo, Y.E. y J.M. Carrasco. 1987. Química agrícola y fertilizantes. Alhambra Mexicana. México, DF.
- Quiroga, G.H.M. y J.M. Farías F. 1994. Cultivos forrajeros de invierno. Parcela de validación. Informe de Investigaciones en Forrajes. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte-Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- Richards, L.A. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. LIMUSA. México, D.F.
- Russo, D. 1985. Leaching and water requirement studies in a gypsumiferous desert soil. *J. Soil Sci.* 49: 432-436.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to soil taxonomy. US Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service. Sava ed. Washington, DC.
- SPP. Secretaría de Programación y Presupuesto. 1978. Carta edafológica G13D15 Bermejillo. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. México, D.F.