

LIXIVIADOS DEL ENSILAJE DE MAÍZ Y SUS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Lourdes Zenaida Trujillo Ayala¹, Jesús Herrera-Corral^{2,*}, Norma Almaraz-Abarca², Néstor Naranjo-Jiménez², José Natividad Uribe-Soto²

¹ Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, CIIDIR-IPN-Unidad Durango. Becaria Institucional.

² Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Durango. Sigma 119, Frac. 20 de noviembre II. Durango México, 34220. Becarios COFAA.

RESUMEN. El presente trabajo se realizó con el objetivo de elaborar un diagnóstico de la situación que prevalece en suelos que son utilizados como depósito del ensilaje de maíz, para conocer si son impactados negativamente o beneficiados con la adición del contenido de los lixiviados del proceso. Para esto se realizó y se comparó la medición de cuatro parámetros químicos (nitrógeno total, materia orgánica, fósforo aprovechable y potencial de hidrógeno) entre el suelo testigo y los suelos problema de cinco sitios. Con los resultados obtenidos se definieron los límites de concentración que se pueden encontrar de cada uno de los cuatro parámetros. Se observó que el nitrógeno proveniente del lixiviado tiene efecto positivo en el suelo. El lixiviado no influye significativamente sobre el contenido de fósforo y materia orgánica y que aunado a esta última, tiene efectos sobre el pH del suelo.

Palabras clave: *Lixiviados, ensilaje de maíz, impacto, suelo.*

ABSTRACT. The present study was carried out with the aim to realize the diagnosis of the situation prevailing in soils used as deposit of the corn silage in order to determine if these are negatively impacted or contrary, benefited with the addition of the content of leached from the process. The measurement and comparison of four chemical parameters was carried out (total nitrogen, organic matter, approvable phosphorus and potential of hydrogen) among soil test and problem soils of five different places, in order to define the limits that can be found for each parameter. It was observed that the nitrogen from the leached had a positive effect on the ground. The leached did not influence significantly on the content of both phosphorus and organic matter and had effects on the pH of soil.

Key Words: *Leached, corn silage, impact, soil, diagnosis.*

* Autor responsable: J. Herrera-Corral, jhcorra1@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El forraje es la principal fuente de alimento para el ganado y se caracteriza por épocas de abundancia, que coinciden con las lluvias, y de escasez, que coinciden con las sequías. Algunas de las consecuencias de la baja disponibilidad de forraje, son el sobrepastoreo, la disminución en la producción, la pérdida de peso en el ganado, el retraso en el crecimiento, el incremento en los costos de producción y en resumen un menor ingreso para el ganadero. Para enfrentar la escasez de forraje, es necesario recurrir a la aplicación de estrategias que aseguren su permanente disponibilidad, de buena calidad y a bajo precio. Existen algunas tecnologías para la conservación y almacenamiento de forraje, que sin deteriorar su calidad, permiten su utilización en cualquier época del año; una de ellas es el ensilaje, que no demanda gran infraestructura y es de fácil elaboración (Jiménez y Moreno, 2003).

La práctica del ensilaje se conoce desde hace mucho tiempo; los primeros trabajos sobre el tema, así como el perfeccionamiento del proceso, fueron llevados a cabo en Europa. En América, el primer silo fue construido en 1876, en Maryland Estados Unidos, utilizando el maíz como materia prima (Rodríguez, 1983).

En cuanto a volúmenes de producción, se estima que en el oeste de Europa el 60 % del forraje conservado con fines alimenticios para época de invierno se encuentra en forma de ensilaje y en algunas partes como en el Norte de Irlanda, el promedio de forraje conservado en forma de ensilaje alcanza el 85% (Henderson, 1993).

En México, la producción de maíz forrajero en verde en el año agrícola 2007 fue de aproximadamente 9 millones de toneladas, de las cuales, poco más de 1 millón correspondieron a Durango, sin considerar otros cultivos que también se destinan al ensilaje (SAGARPA, 2008).

Se puede ensilar una gran variedad de materias primas, siempre y cuando las condiciones en las que se lleva a cabo el proceso sean las óptimas, para obtener el máximo rendimiento y evitar la generación de pérdidas en la producción y en la calidad del producto (Romero, 2005).

La pérdida más común es la generada por escurrimiento de líquido, también conocido como lixiviado, cuando el proceso de ensilaje se realiza de manera deficiente. Una condición que se debe cuidar es la materia seca con la que se ensila el producto. Se calcula que una tonelada de forraje que tiene un 17% de materia seca puede producir un exceso de 270 litros de lixiviado. Por el contrario, cuando el forraje tiene más de un 25% de materia seca esas pérdidas dejan de producirse (Muslera y Ratera, 1991).

El lixiviado producido conlleva la pérdida de carbohidratos, proteínas solubles, ácidos orgánicos y minerales, los cuales pueden tener repercusiones en las condiciones del suelo en que se deposita el ensilaje, por lo que se hace necesario realizar estudios que determinen las consecuencias de los desechos producidos durante el proceso de fermentación del material vegetal.

Este trabajo tiene como objetivo determinar los cambios en el suelo que ha sido impactado por lixiviados provenientes de la fermentación de forraje de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y tamaño de muestra. El área de estudio comprendió algunos poblados de los municipios de Nuevo Ideal y Santiago Papasquiaro en el Estado de Durango. Para determinar el tamaño de la muestra se hizo una estimación de los productores de ensilaje de maíz en cada municipio y se considero el 10% de los silos existentes. De esta manera, en la Comunidad Menonita Campo Alto, Municipio de Nuevo Ideal donde hubo aproximadamente 30 productores de ensilaje de maíz, se muestrearon 3 silos, y en el Municipio de Santiago Papasquiaro, donde se registraron 20 productores, se muestrearon 2 silos; lo que hizo un total de 5 muestreos (Cuadro 1). Los primeros cuatro se realizaron en época de secas, y el último a inicios de la época de lluvias. De cada sitio se tomaron 10 muestras para su estudio.

Cuadro 1. Identificación de sitios de muestreo correspondientes al estudio.

CLAVE	SITIO DE MUESTREO	LATITUD N	LONGITUD O
S1	Campo Alto, Nuevo Ideal, Dgo.	24° 58' 770"	105° 02' 816"

S2	San José del Pachón, Santiago Papasquiaro, Dgo.	24° 48' 003''	105° 21' 045''
S3	Campo Alto, Nuevo Ideal, Dgo.	24° 58' 564''	105° 02' 762''
S4	Campo Alto, Nuevo Ideal, Dgo.	24° 58' 673''	105° 02' 761''
S5	La Palestina, Santiago Papasquiaro, Dgo.	25° 03' 512''	105° 11' 067''

Muestreo. En cada uno de los sitios de muestreo se ubicaron dos puntos en donde se llevaron a cabo las excavaciones (en el suelo impactado por los lixiviados del silo, llamado suelo problema y a 5 m de distancia del mismo, llamado suelo testigo). Se consideraron los siguientes intervalos de profundidad en centímetros: 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40 y 40 a 50.

Preparación de muestras. Las muestras de suelo se dejaron secar a temperatura ambiente y condiciones aisladas por un período aproximado de 15 días. Cada muestra se tamizó de acuerdo al tamaño de malla requerido para cada técnica de análisis.

Técnicas. La determinación de nitrógeno total (NT) se realizó mediante la técnica de Micro Kjeldahl citada por Tejada (1983). La materia orgánica (MO) se determinó por el método de Kalkley y Black (NOM-021-RECNAT-2000). El fósforo aprovechable (FA) se obtuvo mediante la técnica propuesta por Olsen modificada descrita por Aguilar (2007).

Tratamiento estadístico de los datos. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de medias Duncan, para lo cual se utilizó el programa COSTAT, versión 3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los resultados del análisis de varianza aplicado a las tres variables por tipo de suelo y profundidad, pudiendo observarse que la materia orgánica es diferente en cuanto a suelo y profundidad, por lo que el lixiviado del ensilaje modifica a este parámetro, no siendo así para el nitrógeno total el cual impacta cuando el lixiviado es abundante y logra infiltrarse.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las tres variables correspondientes al estudio.

CLAVE	EFECTO PRINCIPAL	VARIABLE		
		NT	MO	FA
S1	Suelo	Ns	***	Ns
	Profundidad	*	***	Ns
S2	Suelo	***	**	Ns
	Profundidad	***	***	Ns
S3	Suelo	Ns	**	Ns
	Profundidad	Ns	***	Ns
S4	Suelo	Ns	***	Ns
	Profundidad	Ns	***	Ns
S5	Suelo	Ns	***	*
	Profundidad	*	***	Ns

Ns: no significativo, Nivel de Significancia: 0.01

Cuadro 3. Valores promedio de nitrógeno total para suelos testigo y problema de los cinco sitios de muestreo.

TIPO DE SUELO	NITRÓGENO TOTAL (%)									
	S1					S2				
Testigo	0.2908	a	0.3352	b	0.3705	a	0.4495	a	0.2645	a
Problema	0.344	a	0.8555	a	0.4231	a	0.3882	a	0.2997	a

Grados de Libertad: 10, Nivel de Significancia: 0.01

Cuadro 4. Valores promedio de la concentración de nitrógeno total para las diferentes profundidades de los cinco sitios analizados.

PROFUNDIDAD (cm)	NITRÓGENO TOTAL (%)							
	S1		S2		S3		S4	
0 a 10	0.397	a	0.39675	b	0.441	a	0.48475	a
10 a 20	0.41925	a	0.441	b	0.3525	a	0.46275	a
20 a 30	0.3085	a	0.3085	b	0.3085	a	0.441	ab
30 a 40	0.22	a	0.309	b	0.55125	a	0.441	ab
40 a 50	0.24225	a	1.5215	a	0.33075	a	0.26475	b

Grados de Libertad: 10, Nivel de Significancia: 0.01

Nitrógeno total. El sitio S2 mostró una cantidad de NT mayor que los demás sitios analizados, con diferencias significativas en la concentración de este parámetro entre el suelo testigo y el problema (Cuadro 3).

El porcentaje más alto de nitrógeno total se encontró en el sitio S2 a 40 cm de profundidad (Cuadro 4).

La cantidad de NT estimada para el S2, así como la profundidad a la que es determinada esa cantidad, indican que en ese sitio hay un gran depósito de lixiviados provenientes del ensilaje (Figura 1), y que el proceso que se lleva en el mismo no es el adecuado. Si se continúa con esta infiltración habría la posibilidad de encontrar porcentajes altos para esta variable a mayores profundidades, provocando que el nitrógeno se deposite en aguas subterráneas y éstas puedan ser utilizadas para uso y consumo humano.

La acumulación de nitrógeno en suelo ocasiona la formación de nitratos, los cuales al depositarse en aguas de los mantos freáticos pueden ser consumidos por el ser humano; un estudio que realiza actualmente la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) aborda esta problemática y sus resultados preliminares señalan que el consumo de dichas aguas ocasiona una enfermedad conocida como metahemoglobina, la cual consiste en la disminución de la captación de oxígeno en la sangre, provocando una especie de coloración azulada en la piel; de la misma manera, se asocia con impactos desfavorables en la salud reproductiva (UJED, 2008).

Según la clasificación realizada por Rodríguez y Rodríguez (2002), los suelos testigo y problema de los cinco sitios de muestreo se consideran como ricos en contenido de nitrógeno total (Cuadro 5), así que al ser mayores los porcentajes de nitrógeno total en suelo problema que en suelo testigo, con excepción del sitio de muestreo S4 (Cuadro 3), se presume que el contenido de lixiviado cumple la función de enriquecer el suelo, mientras que por profundidad la clasificación agronómica sólo varía entre contenido de nitrógeno rico y medianamente rico.

Cuadro 5. Clasificación del contenido de nitrógeno total de los suelos.

PORCENTAJE DE NITRÓGENO TOTAL	CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA
0.00 a 0.050	Extremadamente pobre
0.050 a 0.099	Pobre
0.10 a 0.149	Medianamente pobre
0.15 a 0.190	Mediano
0.20 a 0.250	Medianamente rico



Figura 1. Suelo problema del sitio de muestreo (S2) en la Comunidad San José del Pachón del Municipio de Santiago Papasquiaro Durango

Materia orgánica. El contenido de materia orgánica del suelo es un buen indicador de su fertilidad, principalmente de su capacidad potencial para proporcionar nutrimentos a los cultivos. Además el contenido indica la capacidad relativa del suelo para retener nutrimentos contra pérdidas por lavado; la estabilidad de su estructura y susceptibilidad a la erosión; el movimiento de agua y aireación, la capacidad amortiguadora del suelo para resistir variaciones de pH o salinidad, y las condiciones de laboreo y manejo del suelo (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Los valores más altos de materia orgánica se presentaron en los suelos testigos de los sitios S1, S3 y S4, y en el suelo problema de los sitios S2 y S5, fluctuando entre porcentajes que variaron desde 2.676 hasta 6.233 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio del porcentaje de materia orgánica para suelos testigo y problema de los cinco sitios de muestreo.

TIPO DE SUELO	MATERIA ORGÁNICA (%)				
	SITIOS DE MUESTREO				
	S1	S2	S3	S4	S5
Testigo	5.894 a	2.457 b	3.153 a	6.233 a	1.953 b
Problema	3.951 b	2.676 a	2.793 b	4.757 b	3.234 a

Grados de Libertad: 10, Nivel de Significancia: 0.01

La mayor diferencia entre el porcentaje de materia orgánica de suelo testigo y suelo problema se encontró en el sitio de muestreo S1. El porcentaje de materia orgánica disminuye a medida que aumenta la profundidad, de manera que los valores más altos corresponden a los suelos superficiales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios de porcentaje de materia orgánica para las diferentes profundidades de los cinco sitios de muestreo.

PROFUNDIDAD (cm)	MATERIA ORGÁNICA (%)				
	SITIOS DE MUESTREO				
	S1	S2	S3	S4	S5
0 a 10	6.845 a	3.46 a	4.4 a	8.145 a	3.43 a
10 a 20	5.8825 b	3.3275 a	3.065 b	6.27 b	2.9425 b
20 a 30	5.2975 b	2.33 b	2.94 b	5.3675 c	2.3275 c
30 a 40	3.68 c	1.97 c	2.5525 b	4.0725 d	2.23 c
40 a 50	2.9075 d	1.745 c	1.9075 c	3.62 d	2.0375 c

Grados de Libertad: 10, Nivel de Significancia: 0.01

Los suelos testigo de los sitios de muestreo S1, S3 y S4 tienen contenidos alto, mediano y muy alto de materia orgánica, respectivamente, mientras que los suelos problema de los sitios S2 y S5, poseen un mediano contenido de materia orgánica según la clasificación de Rodríguez y Rodríguez, (2002, Cuadro 8).

Cuadro 8 .Guía general para la interpretación de resultados de materia orgánica en el suelo.

PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA	CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA
Menor de 0.60	Muy bajo
0.60 a 1.80	Bajo
1.81 a 3.50	Mediano
3.51 a 6.0	Alto
Mayor de 6.0	Muy alto

Fuente: Rodríguez *et al.* (2002)

Los motivos que justifican una mayor cantidad de materia orgánica en suelo testigo de los sitios de muestreo antes mencionados son los observados al momento de la toma de las muestras, a saber: en el sitio S1 el terreno aledaño al silo se utilizaba como almacén de forraje verde destinado al alimento de ganado, así que los residuos de dicho forraje se fueron integrando al suelo con el paso del tiempo incrementando su contenido de materia orgánica, provocando que éste fuera mayor que el del suelo donde se depositó el lixiviado del ensilaje de maíz; en el sitio S3 el productor de ensilaje depositó y compactó una capa de arcilla en su terreno, de esta manera el material mineral adicionado enriqueció el contenido de materia orgánica del suelo testigo, quedando por encima del suelo problema donde sólo se vertieron los lixiviados del ensilaje de maíz, y finalmente el suelo testigo del sitio S4 estaba ubicado enseguida del corral de ganado vacuno e incluso había en su superficie restos de desechos orgánicos de los animales, lo que supone el incremento en contenido de materia orgánica, por encima del suelo problema.

La adición de materia orgánica puede reducir la capacidad de retención de fósforo del suelo, lo que ocurre en los suelos problema de los sitios S2 y S5, aunado a que dichos suelos poseen un pH mayor de 7.5, lo que les confiere la característica de tener una baja disponibilidad de nutrientes, en especial de fósforo (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

El contenido de materia orgánica de los suelos está en función, entre otros factores, del clima, de la vegetación original del suelo, de los cultivos, del drenaje y del manejo. El comportamiento de la materia orgánica en los suelos muestreados se atribuye principalmente al manejo.

Fósforo aprovechable (FA). El fósforo existe en el suelo en igual cantidad en forma orgánica e inorgánica (aprovechable). $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} son las formas de aniones del fósforo que dependen del pH del suelo. Una combinación de Al, Fe o fosfato de calcio es la principal fuente inorgánica de fósforo; la concentración de estas tres formas está en función del pH del suelo. El fósforo se libera en la solución del suelo con la descomposición de residuos de cosecha por medio de los microorganismos (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

El fósforo es un elemento esencial que debe encontrarse en la solución del suelo para asegurar la correcta nutrición de las plantas; ya que es componente de enzimas y proteínas, adenosín trifosfato (ATP), ácido ribonucleico (ARN), ácido desoxiribonucleico (ADN) y fitina. El ATP transfiere energía a varias reacciones, y el ARN y ADN son componentes de la información genética (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

Los valores críticos de fósforo son normalmente menores de 0.20 % (cuando es deficiencia) y mayores de 1 % (cuando es exceso) (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

De forma general, sólo se encontraron diferencias altamente significativas para el factor tipo de suelo en porcentaje de fósforo aprovechable para el sitio de muestreo S5 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio del porcentaje de fósforo aprovechable para suelos testigo y problema de los cinco sitios de muestreo.

TIPO DE SUELO	FÓSFORO APROVECHABLE (%)									
	S1		S2		S3		S4		S5	
Testigo	0.0162	a	0.0165	a	0.018	a	0.0161	a	0.0144	b
Problema	0.0201	a	0.0199	a	0.0175	a	0.0163	a	0.0186	a

Grados de Libertad: 10, Nivel de Significancia: 0.01

Los porcentajes más altos de fósforo aprovechable corresponden a los suelos problema de todos los sitios de muestreo, excepto el del sitio S3 y se encuentran en el umbral del 0.20% que se considera deficiente, esto indica, que los valores para suelo testigo están por debajo de dicho límite, lo que implica, baja disponibilidad de fósforo en los sitios muestreados.

Asimismo, no existen diferencias significativas para el factor profundidad en el porcentaje de fósforo aprovechable en el estudio completo, únicamente los valores más altos para esta variable se presentaron en profundidades diversas.

Potencial hidrógeno (pH). De acuerdo a la clasificación del suelo contenida en el método AS-02 de la NOM-021-RECNAT-2000 los suelos evaluados son moderadamente alcalinos a excepción del suelo testigo del S2 (Cuadro 10).

Si se analizan en conjunto las sustancias y procesos que influyen sobre el pH del suelo se encontrará que la máxima acidez aparece en los horizontes superficiales, dominados por la materia orgánica. A medida que se desciende en el perfil el contenido de materia orgánica disminuye a la par que aumenta el de la alteración mineral, razón por la cual el pH irá creciendo. Este crecimiento se verá aumentado por la acumulación de las bases lavadas de los horizontes superiores, que a su vez se acidifican por esta pérdida; comportamiento se presenta en los sitios de muestreo S2, S3 y S5 (Cuadro 10) (García, 2005).

Cuadro 10. Valores de pH para los cinco sitios de muestreo correspondientes al estudio.

POTENCIAL HIDRÓGENO (Unidades de pH)										
PROFUNDIDAD cm	S1		S2		S3		S4		S5	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
0 a 10	7.84	8.29	6.41	7.42	7.24	7.29	8.36	8.73	7.23	7.67
10 a 20	7.83	7.40	6.49	7.77	7.17	7.43	8.25	8.82	7.33	7.84
20 a 30	7.76	7.76	6.65	7.53	7.32	7.48	8.23	8.54	7.27	7.82
30 a 40	7.68	7.64	6.61	7.75	7.29	7.62	8.27	8.45	7.34	7.84
40 a 50	7.56	7.65	6.56	7.70	7.38	7.74	8.32	8.27	7.39	7.79

T: Suelo Testigo; P: Suelo Problema.

Los promedios más altos de pH se presentaron en suelo problema de los cinco sitios de muestreo, fluctuando entre 7.5 y 8.5 unidades (Cuadro 11). El incremento en el valor de pH en suelo problema se atribuye a la influencia del lixiviado del ensilaje de maíz, el cual hidroliza parte del sodio intercambiable formando hidróxido de sodio y a su vez carbonato de sodio, lo que ocasiona lecturas más altas que en el suelo testigo (Richards, 1977).

Cuadro 11. Promedio de pH para suelos testigo y problema de los cinco sitios de muestreo.

POTENCIAL HIDRÓGENO (Unidades de pH)										
TIPO DE SUELO	SITIOS DE MUESTREO									
	S1		S2		S3		S4		S5	
Testigo	7.7335	b	6.5431	b	7.2795	b	8.2855	b	7.3115	b
Problema	7.7475	a	7.6335	a	7.5115	a	8.5615	a	7.7915	a

Grados de Libertad: 10; Nivel de Significancia: 0.01; Literales a y b: Diferencia estadística en orden decreciente para dicho nivel de significancia.

En general, el intervalo de 5.8 a 7.5 unidades de pH se considera como el más deseable o menos problemático para la mayoría de los cultivos. Por debajo de 5.5 es muy probable que existan problemas por toxicidad de aluminio y/o manganeso en algunos cultivos, mientras que por arriba de 7.5 generalmente se reduce la disponibilidad de fósforo y todos los micronutrientes a excepción del molibdeno (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Por otra parte, el suelo problema del sitio de muestreo S4 es el único que sobrepasa el valor de 8.5, lo que podría limitar su uso con fines productivos debido a problemas de sodicidad (Richards, 1977).

CONCLUSIONES

El nitrógeno total proveniente del lixiviado, en cantidades moderadas, se incorpora al suelo manifestándose como una mejora en la fertilidad.

Las variables materia orgánica y fósforo aprovechable no están influidas significativamente por los de lixiviado de ensilaje de maíz.

Las modificaciones existentes en el rubro de materia orgánica se debe principalmente a los residuo de forraje que se van quedando una vez que se desocupa el silo, quedando descartado que los lixiviados en cantidades moderadas puedan modificar sustancialmente este apartado.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, F. C.G. 2007. Monografía *Manual de Prácticas de Bromatología II*. Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

Bolsen, K. 2007. *Guía de Solución de Problemas Comunes del Ensilaje*. Universidad del Estado de Kansas, Estados Unidos.

García, A. 2005. *Propiedades del Suelo*. Área de Edafología y Química Agrícola, Departamento de Biología y Producción de los Vegetales, Universidad de Extremadura, España.
<http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5Programa.htm>.

Henderson, N. 1993. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology* 45: 35.

Jiménez F., J. Moreno. 2003. *El ensilaje, una Alternativa para la Conservación de Forrajes*, Boletín Divulgativo N° 88 CORPOICA, Centro de Investigación Turipaná, Colombia.
<http://www.turipana.org.co/ensilaje.htm>

Muslera, P. E., C. Ratera. 1991. *Praderas y Forrajes: Producción y Aprovechamiento*, Ediciones Mundi-Prensa, España.

NOM-021-RECNAT-2000. Qué Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis. Diario Oficial de la Federación. México. Publicada el 31 de Diciembre de 2002.

Richards, L. A. 1977. *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos*. Editorial Limusa, México.

Rodríguez, S. 1983. *Ensilaje*, FONAIAP Divulga, N° 12
<http://www.ceniap.gov.ve/bddivul/fdivul/fd12/texto/ensilaje.htm>

Rodríguez, H., J. Rodríguez. 2002. *Métodos de Análisis de Suelos y Plantas: Criterios de Interpretación*, Editorial Trillas, México.

Romero, L.A. 2005. *Ensilaje de leguminosas: con énfasis en alfalfa y soja*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2005/a2005_p009.htm

SAGARPA. 2008. Anuario Estadístico: <http://www.oeidrus-tamaulipas.gob.mx/>

Tejada, H.I. 1983. *Modificación del método sugerido por Jacobs, M.B., 1965*. D. Van Nostrand Company, Canada.

UJED, Facultad de Ciencias Químicas. 2008. Estudio en proceso del efecto en la salud humana ocasionado por el consumo de agua con alto contenido de nitratos.
<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/353808.estudian-efectos-de-agua-nitrosa-en-salud-hum.html>