

Recuperación y Extracción de Nitrógeno en una Rotación de Sorgo - Avena

M. Hernández-López¹, U. Figueroa-Viramontes¹, P. Preciado-Rangel²

Resumen— En la Región Lagunera se producen aproximadamente 925,000 toneladas de estiércol de bovino anualmente. Sólo en esta región, el nitrógeno total excretado asciende a 46,200 ton año⁻¹, lo que permite plantear la posibilidad de su utilización en la agricultura. De ahí la importancia de utilizar este deshecho en la producción de forrajes, lo que permitiría reducir la utilización de fertilizantes inorgánicos y abatir costos de producción y riesgos de contaminación.

En base a lo anterior, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto residual del estiércol sobre el rendimiento de cultivos forrajeros, y cuantificar el contenido de nitrógeno residual en el perfil del suelo. Los trabajos de campo se llevaron a cabo en los periodos de Primavera-Verano (PV) 2008 y Otoño-Invierno (OI) 2008-2009, en el Campo Experimental la Laguna del INIFAP, en el Municipio de Matamoros Coahuila. Los tratamientos evaluados consistieron en (T1 = testigo sin fertilizar, T2 = Fertilización química para aportar el 100% del requerimiento de N del cultivo(RNC), T3 = 50% del RNC como estiércol y 50% como fertilizante, T4 = 100% del RNC como estiércol y T5 = 25% del RNC como composta y 75% como fertilizante. Los cultivos evaluados fueron sorgo (PV) y avena (OI), utilizando un diseño experimental con bloques al azar, con un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones.

Se evaluó el contenido de nitrógeno inorgánico (NI) en el suelo; en planta se registró el rendimiento en verde (RV), materia seca (MS), rendimiento de materia seca (RMS), altura (ALT), nitrógeno total (NIT) y extracción de nitrógeno (N-EXT). La mayor concentración de NI se dio en las profundidades de 0-30, 90-120 y 120-150 para el cultivo de sorgo y en la avena únicamente en la profundidad de 0-30. En el cultivo de sorgo existieron diferencias altamente significativas en RV, RMS, NIT y N-EXT; en la avena se mostraron diferencias altamente significativas en RV, MS, RMS, ALT y N-EXT.

En el cultivo de sorgo (PV), la concentración de NI en el suelo fue mayor en el tratamiento 4(100% del RNC como estiércol) con 88.6 mg kg⁻¹, demostrando así que el sorgo tuvo una extracción de nitrógeno en el suelo de 174.4 kg ha⁻¹. Y para el cultivo del período Otoño-Invierno de avena la

concentración de nitrógeno inorgánico en el suelo también fue mayor en la dosis de estiércol con 71.51 mg kg⁻¹ en avena, demostrando así que la avena extrajo del suelo 99.3 Kg ha⁻¹ de nitrógeno inorgánico. De esta manera se puede observar que el sorgo tiene la capacidad de extraer más nitrógeno del suelo que la avena.

Palabras claves— extracción de nitrógeno, eficiencia de nitrógeno.

Abstract— In the La Laguna are approximately 925.000 tons of cattle manure annually. Only in this region, the total nitrogen excreted amounts to 46.200 tons yr⁻¹, which allows us to suggest the possibility of its use in agriculture, hence the importance of using the waste industry in the production of fodder, reducing the use of inorganic fertilizers and thus reduce costs of production and pollution levels.

Based on the above, this research was conducted to evaluate the residual effect of manure on the yield of forage crops, and to quantify the residual nitrogen in the soil profile, field work was conducted in PV periods of 2008 and OI 2008 to 2009, in the Campo Experimental La Laguna in the municipality of Matamoros Coahuila. Treatments consisted of five (T1 = control without fertilization, T2 = 100 % chemical fertilization, T3 = 50% manure and 50 fertilizer, T4 = 100% manure, T5 = compost 25% and 75% chemical fertilizer) and the cultures were two (orghum and oats), using an experimental design with random block with a split plot arrangement with four replications.

We evaluated the inorganic nitrogen (IN) content in the soil, and green plant yield (GY), dry matter (DM), dry matter yield (DMY), height (H), percent total nitrogen (TN) and nitrogen extraction (N-EXT). The highest concentration of IN was observed in the depths of 0-30, 90-120 and 120-150 in PV sorghum, in the oats crop in the depth of 0-30 were registered higher values of IN. In sorghum there were significant differences in GY, DM, DMY,H and N-EXT, for oats there were significant differences in GY, DM, DMY,H and N-EXT.

In the PV crops of IN concentration in soil was greater in the treatment four to 88.6 mg kg⁻¹ for sorghum, demonstrating that sorghum extracted more soil nitrogen (174.4 kg ha⁻¹) for the crops of autumn-winter period the concentration of inorganic nitrogen in the soil was also greater in the manure treatment, with 71.5 mg kg⁻¹ in oats, demonstrating that oats extracted 99.3 kg ha⁻¹ of soil inorganic nitrogen. Thus it can be seen that sorghum has the ability to extract more soil nitrogen than oats.

Keywords — nitrogen extraction, nitrogen efficiency.

¹Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico 1555 sur, Periférico Gómez-Lerdo 35150. Cd. Lerdo, Durango, México.

^{1*}Autor responsable (moni_herlop@hotmail.com)

¹ Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdés 1200 Pte. Col. Centro. 27440 Matamoros, Coahuila, México.

² Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5. Torreón, Coahuila, México.

I. INTRODUCCIÓN

La producción anual de estiércol en México es de 37 millones de toneladas por año aproximadamente SAGARPA, [1]; al considerar únicamente el ganado estabulado y semiestabulado, este material se puede capitalizar adecuadamente en suelos agrícolas; ya que dos toneladas de estiércol por año, serían suficientes para mantener con excelente contenido de materia orgánica, fertilidad y capacidad reproductiva.[2].

Sin embargo, el conocimiento técnico para aprovechar los residuos de estiércol es escaso por lo que la dosificación es inadecuada. Existen pocos estudios sobre el efecto de la aplicación continua del estiércol en el suelo; además no se ha establecido el grado de biodegradación del estiércol a través del tiempo y su impacto en las plantas. [3].

No obstante el 86% de los productores en la Comarca Lagunera aplican más de 100 toneladas al año de estiércol, esta cantidad aporta potencialmente al suelo 525 kg de Nitrógeno (N), 105 kg de Fósforo (P) y 875 de Potasio (K) cantidades que superan los requerimientos de los cultivos. [4].

El uso excesivo de materiales con grandes cantidades de N puede provocar la contaminación del agua subterránea por nitratos (N-NO_3), lo que representa una amenaza al abastecimiento de agua potable. [5].

Este problema obedece a que no existe regulación en el uso excesivo de fuentes nitrogenadas en el sector agropecuario, tanto de fertilizantes minerales, como de estiércoles y biosólidos. [6].

Se encontraron concentraciones medias de N-NO_3 que fluctuaron entre 25 y 61 mg L^{-1} en tres áreas de la Comarca Lagunera (Laguna Seca, Villa Juárez y Norte) [7], los cuales están por encima de los límites máximos permisibles para agua potable que es 10 mg L^{-1} [8].

De lo anterior, destaca la importancia de realizar estudios de mineralización del nitrógeno contenido en estiércol y abonos orgánicos, para determinar las dosis aplicables al suelo, en sincronía con las necesidades de los cultivos, lo cual es útil para evitar el impacto negativo por lixiviación de nitratos a los acuíferos por una aplicación excesiva [7], ya que el suelo es un filtro y es un reactor biológico que retiene una gran cantidad de contaminantes sólidos y líquidos en su matriz, pero como todo organismo biológico, tiene una capacidad natural que al saturarla pierde su capacidad regeneradora y recicladora de productos orgánicos. [9].

Los cultivos forrajeros en La Comarca Lagunera ocupan más de 80,000 ha; los principales cultivos son: alfalfa, maíz y sorgo en primavera y verano, así como avena y triticale en otoño- invierno. [10].

El manejo de estiércol y fertilizantes en cultivos forrajeros se realiza sin criterios técnicos como: 1)

Análisis de suelo; 2) Análisis de nutrientes disponibles en estiércol; 3) Meta de rendimiento y 4) Extracción de Nutrientes por los cultivos.

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto residual de estiércol y fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento de cultivos forrajeros, así como cuantificar el nitrógeno residual en el perfil del suelo y estimar la extracción de nitrógeno por los cultivos utilizados.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del Sitio

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental la Laguna (CELALA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Matamoros, Coah., situado en la Comarca Lagunera, la cual tiene una precipitación pluvial promedio de 243.5 mm al año, una altura sobre el nivel del mar de 1,355 y una temperatura media anual de 24°C. El área donde se estableció el experimento es un suelo de textura franco arcilloso arenoso; en el Cuadro I se muestran otras características del suelo al inicio del experimento.

CUADRO I
ANÁLISIS PROMEDIO DEL SUELO PREVIO AL ESTUDIO DEL EFECTO RESIDUAL DE ESTIÉRCOL Y FERTILIZANTE EN CULTIVOS FORRAJEROS

Parámetro	*Método	Unidad	Valor
pH	Relación 1:2		8.51
Conductividad Eléctrica	Pasta de Saturación	dS m^{-1}	0.48
Materia Orgánica	Walkley y Black	%	1.20
Textura	Bouyoucus		Franco Arcilloso Arenoso
Arena		%	48.96
Arcilla		%	26.73
Limo		%	24.31

*Todos los métodos son descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000 (SEMARNAT, 2000).

B. Tratamientos

Para el ciclo PV 2008 se establecieron parcelas de 5 m de ancho (5 surcos a 0.76 m) por 15 m de largo con sorgo forrajero y en el ciclo OI 2008/09 el cultivo de avena. Para evaluar la extracción del Nitrógeno Residual de los tratamientos aplicados en el 2007 fueron: T1= testigo sin fertilizar, T2 = Fertilización química para aportar 100% del requerimiento de N del cultivo (RNC), T3 = 50% del RNC como estiércol y 50% como fertilizante, T4 = 100% del

RNC como estiércol y T5 = 25% del RNC como composta y 75% como fertilizante.

Las dosis de fertilización aplicadas previas a este proyecto se muestran en el Cuadro II.

Los tratamientos de fertilización aplicados en 2007 se diseñaron para aportar el requerimiento de N de los cultivos, de acuerdo con la fórmula siguiente adaptado de Castellanos, [11].

$$DN = [(MR \times Nex) - (Nin \times Ef)] / Ef$$

Donde:

DN = Dosis de N que se requiere aplicar, kg ha⁻¹

MR = Meta de rendimiento, ton ha⁻¹

Nex = Cantidad de N extraído por unidad de rendimiento, kg ha⁻¹

Nin = Nitrógeno inorgánico en el perfil del suelo, kg ha⁻¹

Ef = Factor de eficiencia de uso del nitrógeno (0.5)

La meta de rendimiento para sorgo fue de 18 ton ha⁻¹ de MS con una extracción unitaria de N de 14 kg ton⁻¹ MS NRCS, [12].

La dosis de estiércol en el tratamiento cuatro se estimó dividiendo la DN entre el N disponible al cultivo, para lo

consideró un 20% de mineralización del N. Eghball, [13]. La concentración de nitrógeno y otros elementos mayores en el estiércol y la composta utilizados se anotan en el Cuadro III.

CUADRO III
CONTENIDO DE NITRÓGENO TOTAL Y HUMEDAD EN EL ESTIÉRCOL Y COMPOSTA UTILIZADOS.

Nutriente	Estiércol	Composta
	----- % -----	
N total	1.8	1.1
Humedad	10	18

C. Manejo del Cultivo

En el ciclo primavera-verano del 2008 (PV 2008) se sembró sorgo forrajero de la variedad *Beef Builder*, el 19 de mayo, considerando una parcela útil de 2 surcos centrales x 10 m de largo. La siembra se realizó en suelo húmedo y posteriormente se aplicaron cuatro riegos de auxilio, a los 28, 50, 71 y 92 días después de la siembra. La lámina de riego total aproximada fue de 80 cm.

Después de la cosecha de sorgo, se pasó una rastra de discos. Después se sembró avena forrajera de la variedad

CUADRO II
TRATAMIENTOS DE ESTIÉRCOL, COMPOSTA Y FERTILIZANTE EN LOS CULTIVOS DE ESTABLECIDOS EN EL 2007.

No.	Tratamiento	PV-2007		OI-2007/08	
		Dosis de estiércol ton ha ⁻¹	N total en estiércol kg ha ⁻¹	Dosis de fertilizante (N)	Dosis de fertilizante (N) kg ha ⁻¹
1	Testigo sin fertilizar	0	0	0	0
2	Fertilización química para cubrir el requerimiento de N	0	0	320	150
3	50% del N como estiércol + 50% como fertilizante	25	405	160	100
4	Estiércol para cubrir la demanda de N del cultivo	50	810	0	0
5	Composta más fertilizante químico	30	271	260	120

cual se asumió un 45% de mineralización del N del estiércol NRCS, [12]; y una eficiencia de uso del N mineralizado de 50%, ya que todo el estiércol se incorporó en una sola aplicación antes del riego de presembrado.

En el tratamiento tres, la aportación de N del estiércol se obtuvo multiplicando la dosis en MS por el N total, ajustado a un 45% de mineralización y 50% de eficiencia de uso del N del mineralizado. La aportación de N de la composta se estimó de la misma manera, sólo que se

Cuauhtémoc en una superficie de 3.8 m de ancho por 15 m de largo. La siembra se realizó el 27 de noviembre de 2008. Después del riego de siembra se aplicaron tres riegos, a los 32, 65 y 98 días después de la siembra, con una lámina de riego total aproximada de 60 cm.

La cosecha se realizó el 28 de octubre del 2008 para sorgo y para la avena la cosecha fue el 19 de marzo del 2009.

D. Diseño Experimental y Variables Evaluadas

En el presente estudio se evaluó el efecto residual de tratamientos de estiércol y fertilización aplicados durante el 2007. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas. El rendimiento de forraje verde en sorgo se utilizó una parcela útil de 1.52 m de ancho por 10 m de largo. En el caso de avena, la parcela útil fue de dos cuadros separados de un metro cuadrado cada uno. Para porcentaje de materia seca se tomó una muestra representativa, las cuales se secaron en invernadero y después en estufa a 65 °C, hasta llegar a peso constante, para estimar el rendimiento en materia seca (MS) para análisis de N. En la altura final de la planta. Se midió la altura final de 10 plantas en cada parcela útil de cada cultivo y el porcentaje de N se analizó en una muestra representativa de cada parcela, por el método Kjeldahl.

Para el análisis de suelo se tomaron muestras compuestas obteniendo cuatro repeticiones por seis profundidades que van de 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 y 120-180 cm de profundidad, para evaluar la distribución de N en el perfil del suelo. El análisis de N inorgánico se realizó por el método de arrastre de vapor, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2001), con el cual se realizó los análisis de varianza correspondiente, se determinó la comparación múltiple de medias con la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Rendimiento de Materia Seca

En el ciclo PV 2008 en el cultivo de sorgo se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los tratamientos en el rendimiento en verde, rendimiento de materia seca, porcentaje de nitrógeno y extracción de nitrógeno los cuales se muestran en el Cuadro IV. Para rendimiento en verde el valor con mayor significancia fue el tratamiento cuatro con 62.7 ton ha⁻¹, y para el rendimiento de MS fue el tratamiento tres con un valor de 18.23 ton ha⁻¹ quedando estos valores por debajo de los encontrados por Figueroa, [6], con rendimiento en verde 85 ton ha⁻¹ y rendimiento de MS de 21.8 ton ha⁻¹. Para extracción de N se obtuvo el valor más alto en el tratamiento cuatro con 174.4 kg ha⁻¹ de N. estando un poco por debajo de los encontrados por Márquez, [14], los cuales oscilan entre 200 y 215 kg ha⁻¹ de N y Figueroa, [6], con 219 kg ha⁻¹ de N. Pero se tiene que considerar que es nitrógeno residual, no se aplicó ningún tratamiento al inicio del cultivo. El porcentaje de nitrógeno también mostró el valor con mayor significancia en el tratamiento cuatro con 1.03%.

Como se puede observar en el Cuadro IV la fertilización con estiércol proporcionó valores superiores en todos los parámetros evaluados encontrando nuevamente que los abonos orgánicos son capaces de brindarle al suelo grandes beneficios como son la reserva macro y micro-nutrientes los cuales son liberando paulatinamente, la estabilidad de agregados y la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica las cuales mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo. [15].

CUADRO IV
RENDIMIENTO DE FORRAJE, PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y OTROS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA COSECHA DE SORGO FORRAJERO

	RV ton/ha	MS %	RMS. ton/ha	Altura cm	N %	N-EXT Kg/ha
1. Testigo	50.0 c*	27.4 a	13.83 b	363 a	0.63 d	87.4 b
2. Fertilizante	58.7 ab	30.6 a	17.90 ab	380 a	0.66 cd	118.2 b
3. Estiércol + fertilizante	59.2 ab	30.4 a	18.23 a	383 a	0.92 ab	169.6 a
4. Estiércol	62.7 a	27.4 a	17.03 ab	382 a	1.03 a	174.4 a
5. Composta + fertilizante	54.2 bc	26.6 a	14.48 ab	384 a	0.79 bc	114.6 b

*Letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes, ($P \leq 0.05$). RV= Rendimiento en Verde, MS= Materia Seca, RMS= Rendimiento en Materia Seca, N= Nitrógeno, N-EXT = Extracción de Nitrógeno.

Este valor es superior al encontrado por Báez, [16], ya que obtuvo 22.3 ton ha⁻¹ de rendimiento en verde para una aplicación de 60 ton ha⁻¹ de estiércol y para el rendimiento en MS obtuvo 11.4 ton ha⁻¹ para el mismo tratamiento, quedando este valor por encima del obtenido en el tratamiento de estiércol con 8.01 ton ha⁻¹. Para la extracción de N que es uno de los parámetros más importantes a evaluar, el tratamiento cuatro obtuvo mayor valor obteniendo 99.36 kg ha⁻¹.

CUADRO V
RENDIMIENTO DE FORRAJE, PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y OTROS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA COSECHA DE AVENA FORRAJERA

Tratamiento	RV ton/ha	Materia Seca (MS) %	RMS ton/ha	Altura cm	N %	N-EXT Kg/ha
1. Testigo	21.25a b*	29.12ab	6.22ab	86.7 b	1.00a	63.64a b
2. Fertilizante	13.57 b	29.97ab	4.05 ab	78.6 b	1.13a	45.38b
3. Estiércol + fertilizante	17.97 b	33.12 a	6.11ab	90.5b	1.16a	71.39a b
4. Estiércol	27.93a	28.02 ab	8.01 a	116a	1.23a	99.36a
5. Composta + fertilizante	20.12 ab	28.02b	5.69ab	90.2 b	1.13a	64.07a b

*Letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes, ($P \leq 0.05$). RV= Rendimiento en Verde, MS= Materia Seca, RMS= Rendimiento en Materia Seca, N= Nitrógeno, N-EXT = Extracción de Nitrógeno.

B. Extracción de Nitrógeno

Al final de la cosecha de avena del periodo OI 2007/08 se tomó un muestreo de suelo, para tener una referencia del N inorgánico y ver su disminución con la siembra de los cultivos durante el 2008. En la Figura 1 se muestran los resultados del muestreo inicial de NI en suelo, a diferentes profundidades y en los diferentes tratamientos.

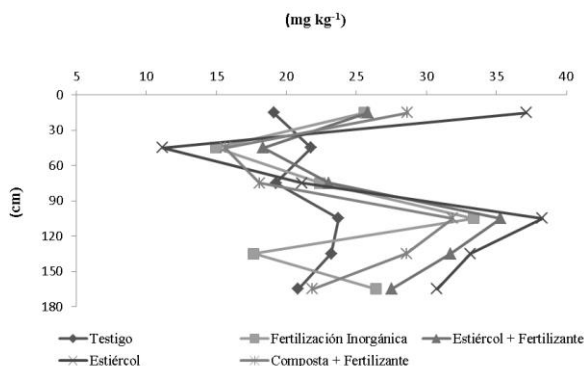


Figura 1. Contenido de nitrógeno inorgánico a diferentes profundidades en cultivo de avena. (Periodo OI 2007/08).

Se encontraron diferencias significativas en las profundidades de 0-30, 30-60 cm. Para el sustrato de 0-30 cm, la mayor concentración la obtuvo el tratamiento cuatro (Estiércol) con 37.1 mg kg⁻¹ de NI; valores similares fueron encontrados por Báez, [16], con 60 ton ha⁻¹ de estiércol obteniendo 37.6 mg kg⁻¹ de NI. El siguiente tratamiento más alto fue el tres (Estiércol +fertilizante) con 25.8 y posteriormente los tratamientos uno (testigo) con 19.1 mg kg⁻¹ y cinco (Composta +Fertilizante) con 18.7 mg kg⁻¹ y por último el tratamiento dos (Fertilizante) con 15.5 mg kg⁻¹.

En la Figura 1 se muestra la máxima concentración de NI se da en el sustrato de 0-30, debido a que es la parte que puede ser afectado por diversos factores como la humedad, temperatura, aeración, tipo de material orgánico, etc.[2], [13], [17]. A pesar de no existir diferencias significativas al avanzar las profundidades es necesario considerarlas, ya que la mineralización neta proveniente del subsuelo puede ser alta durante periodos secos, cuando se presentan limitaciones de humedad en la capa superficial, pero no en el subsuelo.

El tratamiento cuatro (Estiércol) fue el que presentó mayores concentraciones de NI en el suelo, quedando por encima de los demás tratamientos en todas las profundidades excepto 60 a 90 cm.

Para el periodo PV 2008 en la Figura 2 se muestra que en el cultivo de sorgo el tratamiento cuatro (estiércol) presenta mayores concentraciones en todos los sustratos las cuales oscilan entre 18.32 y 9.99 mg kg⁻¹, seguido del

tratamiento dos con 12.79 y 9.07 mg kg⁻¹, y por último el testigo con 9.41 y 5.64 mg kg⁻¹.

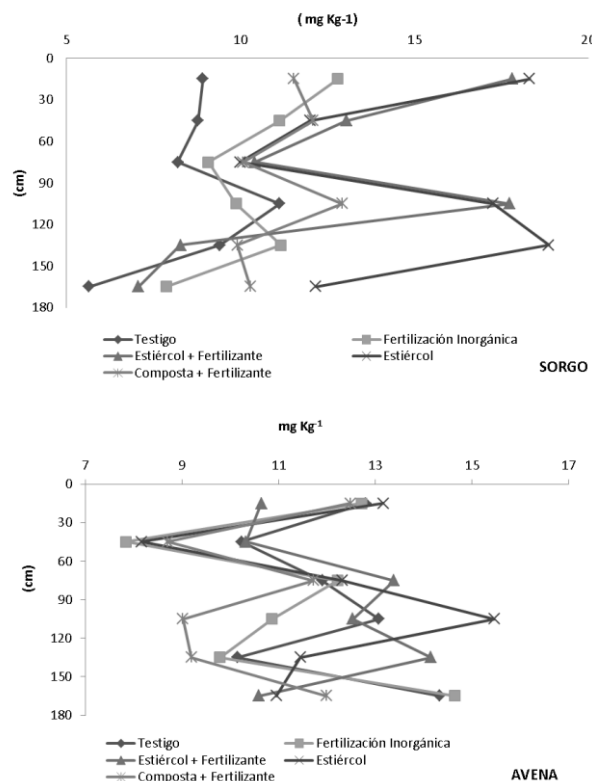


Figura 2. Contenido de nitrógeno inorgánico a diferentes profundidades en la rotación de cultivos Sorgo – Avena

La concentración de NI en el suelo aumenta en los sustratos de 90-120 y 120-150 cm, esto se puede deber a que la mineralización neta proveniente del subsuelo puede ser alta durante periodos secos, cuando se presentan limitaciones de humedad en la capa superficial, pero no en el subsuelo.

Para el periodo OI el cultivo de avena en la Figura 2 se muestra las concentraciones de NI a diferentes profundidades, observando que la movilidad del nitrógeno no tiene una tendencia a disminuir conforme avanza la profundidad. A pesar de no existir diferencias significativas entre tratamientos se puede observar que el tratamiento cuatro (Estiércol), es el que presenta la mayor concentración de NI en casi todas las profundidades a pesar de ser el segundo periodo de siembra Otoño-Invierno, seguido de los cultivos de verano (Sorgo), mostrando una vez más que no todo el estiércol aplicado en un año es biodegradable en ese periodo. [18].

IV. CONCLUSIÓN

-Para el cultivo de período Primavera-Verano (sorgo) la concentración de nitrógeno inorgánico en el suelo fue mayor en la dosis de estiércol con 88.6 mg kg⁻¹ en sorgo, con una extracción de nitrógeno del suelo de 174.4 kg ha⁻¹.

-Para el cultivo del período Otoño-Invierno (avena) la concentración de nitrógeno inorgánico en el suelo también fue mayor en la dosis de estiércol con 71.51 mg kg⁻¹, con una extracción 99.3 Kg ha⁻¹. Se puede decir que el sorgo extrajo mayor concentración de nitrógeno en el suelo que la avena, más sin embargo debemos considerar que los niveles de concentración en el suelo disminuyeron en el periodo otoño-invierno, debido a que ya no se fertilizó.

-Los cultivos forrajeros son una opción para disminuir y extraer el exceso de nutrientes y/o elementos en el suelo, ocasionados por la aplicación excesiva de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

-La incorporación de estiércol al suelo a largo plazo es la mejor opción sustentable para disminuir la cantidad de fertilizantes inorgánicos, y satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos utilizados.

V. AGRADECIMIENTOS

Al Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Campo Experimental La Laguna, INIFAP, por el financiamiento del proyecto de investigación.

VI. REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2005). Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola. Folleto Técnico. SAGARPA. INIFAP. Pág. 5.
- [2] Trinidad, A. (2007). Utilización de estiércoles, SAGARPA, Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección general de apoyo para el desarrollo rural. Montecillo, Estado de México. 18p.
- [3] Salazar - Sosa, E., A. J. A. Leos-R, M. Fortis Hernández and C. Vázquez Vázquez. (2002). Nitrogen a recovery and uptake by wheat and sorghum in stubble mulch and no tillage systems. *Agrociencia* 36: 433-440.
- [4] Fortis, M. H, Leos Rodríguez. J. A, Orona Castillo. I, García Hernández. J. L, Preciado Rangel. P, García Salazar. A. (2009). Aplicación de Abonos Orgánicos en la Producción de Maíz Amarillo con Riego Por Goteo. XXXIV Congreso Nacional de la Ciencia Del Suelo.
- [5] Muñoz, G. R., K. A. Kelling, J. M. Powell, and P. E. Speth. (2004). Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. *J. Environ. Qual.* 33: 719-727.
- [6] Figueroa, V. U, Márquez R. J. L, José, Cueto W. J. A, Palomo G. A. (2003). Mineralización de Nitrógeno del Estiércol de Bovino en una Rotación Maíz – Avena
- [7] Martínez R. J. G, Castellanos J. Z, González R. M, Núñez H. G, Faz C. R. (2006). Contaminación por Nitratos en Acuiferos del Norte de México y del Estado de Guanajuato. *AGROFAZ.* 6(3):379.

- [8] Heredia C.S. (2000). Calidad del Agua. 1ª Semana Nacional de Sanidad Agropecuaria. 7ª Reunión Anual de CONACOFI. Puebla, Puebla, México. Pp78-84.
- [9] Fortis, H.M., Leos R.J.A., y Salazar S.E. (2003). Capítulo X: Normas de aplicación y legislación de productos orgánicos y Plásticos. Facultad de agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED).
- [10] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2003). Estimación de la Producción de Estiércol y de la Excreción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por Bovino Lechero en la Comarca Lagunera. *Agricultura Orgánica. Segunda Edición.* ISBN: 978-607-00-1646-7. Pág. 133.
- [11] Castellanos R., J.Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S. A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. Colección INCAPA. México.
- [12] NRCS. (1992). *Agricultural waste management field handbook.* USDA. Natural Resource Conservation Service. Agriculture, and Engineering Service. Washington, DC.
- [13] Eghball, B., B.J. Wienhold, E. Gullery y R.A. Eigenberg. (2002). Mineralization of manure nutrients. *J. of Soil and Water Conservation*, 57(6):470-473.
- [14] Márquez Rojas J. L, Figueroa V. U, Cueto Wong J. A y Palomo G. A. (2006). Eficiencia De Recuperación De Nitrógeno De Estiércol Bovino Y Fertilizante En Una Rotación Sorgo – Trigo Para Forraje. *AGRICULTURA ORGÁNICA.* 6(2):22.
- [15] Cueto W., J.A., Castellanos R., J.Z., Figueroa V., U., Cortés J., J.M., Reta S., D.G. y Valenzuela S., C. (2005). Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola. Folleto Técnico. SAGARPA. INIFAP. 51 Pág. 26.
- [16] Báez I. F, Payan G. A. J, Chaves S.N, Amado P. A. J. (2009). Uso de Composta y Calidad Nutricional de la Avena Forrajera. *Agricultura Orgánica. Segunda Edición.* ISBN: 978-607-00-1646-7. Pág. 83.
- [17] Flores, M.J.P. (2007). Resinas de intercambio iónico para evaluar la mineralización de nitrógeno en suelos tratados con abonos orgánicos. *In: Salazar et al. (eds.): Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), CONACYT. Gómez Palacio, Durango.* P.386-412.
- [18] Salazar S E, A Beltrán M., M. Fortis E., J. A. Leos R, J. A. Cueto W., C Vázquez V. y J J. Peña C et al (2003). Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *TERRA* 21: (4):569-575.

BIOGRAFÍAS



Mónica Hernández López nació en Torreón Coahuila el 22 de febrero de 1983. Es Ingeniera Química en el Instituto Tecnológico de la Laguna en Torreón Coahuila, México, en el 2007. Continúo con sus estudios de postgrado en el Instituto Tecnológico de Torreón en la ciudad de Torreón Coahuila, México, obteniendo el grado de Maestra en Ciencias en Suelos en el 2010. Ella desarrolló su proyecto de investigación durante sus estudios de doctorado en Ciencias Agrarias en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y participó en proyectos de investigación en dicha institución. Actualmente labora como docente, perteneciendo al departamento de Ingeniería Ambiental en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en la Ciudad de Lerdo Durango, México.

Uriel Figueroa Viramontes. Nació el 10 de enero de 1961, en Gómez Palacio, Dgo. Es Ingeniero Agrónomo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coah., en 1982. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Fruticultura en el Colegio de postgraduados en Montecillo, Edo. de México, en 1989. Realizó sus estudios de Doctorado en Suelo, Agua y Ciencias Ambientales en la Universidad de Arizona, en Tucson, AZ, EUA, en 1999.



Labora desde 1983 a la fecha en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Laguna, en Matamoros, Coah. Sus líneas de investigación están relacionadas con fertilidad de suelos, nutrición vegetal y uso sustentable de abonos orgánicos.

El Dr. Figueroa es miembro de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.



Pablo Preciado Rangel. Nació el 15 de noviembre del 1969. Es Ingeniero Agrónomo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coah., en 1988. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Suelos en la Misma Universidad, en 1996. El Doctorado lo obtuvo en Ciencias de la Nutrición Vegetal en el Colegio de Posgraduados, en Montecillos, Edo de México, 2001. Labora desde 2002 a la

fecha en el Instituto Tecnológico de Torreón. Sus líneas de investigación están relacionadas con fertilidad de suelos, nutrición vegetal y cultivos sin Suelo.

El Dr. Preciado es miembro de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas y es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2002 a la fecha.