

Eficiencia de Algunos Estiércoles y de Abono verde de *Azolla filiculoides* como Fuentes de Nitrógeno para las Plantas¹

G Vázquez*, J J Peña**, J Barquín**

ABSTRACT

A greenhouse study was conducted in Guanajuato, Mexico, to evaluate the relative efficiency of several organic sources of nitrogen for plants. The materials studied were: chicken, cow, goat and rabbit manures. *Azolla filiculoides* was included as green manure. ¹⁵N techniques were used, following the methodology proposed by the International Atomic Energy Agency, using rye grass (*Lolium multiflorum*) as the indicator crop. Six replicates were established per treatment. The results showed significant differences in the mineralization rates of the materials tested. Chicken manure and *Azolla* were rapidly mineralized; at the first plant cutting date (30 days after planting), they reached N-ammonium sulphate equivalence factors of 1.49 and 1.90, respectively. Cow manure, on the other hand, showed the slowest mineralization rate, whereas goat and rabbit manures were intermediate.

INTRODUCCION

El Estado de Guanajuato es uno de los mayores productores agrícolas de México, tanto por el número de especies que se cultivan como por la superficie e importancia que ocupan algunas de ellas, ya que con sólo el 4.73% de la superficie cultivada nacional contribuye con el 6.16% del ingreso agrícola del país (5); además, es una de las principales entidades productoras de granos y hortalizas, así como exportador de estas últimas.

La capacidad de los suelos agrícolas del Estado para suministrar nutrimentos a las plantas ha sido mantenida, en especial, durante los últimos años me-

¹ Recibido para publicación el 20 de marzo de 1986

Los autores agradecen al Dr. Felipe Zapata, Investigador de la Sección de Fertilidad de Suelos de la División Conjunta FAO/OIEA, las aportaciones y sugerencias realizadas durante el desarrollo del presente trabajo.

* Profesor Investigador de la Escuela de Agronomía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato, Mexico.

** Profesor Investigador de la Unidad Irapuato del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.

** Analista de la Unidad de Investigación Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

COMPENDIO

Se estableció un experimento de invernadero en Guanajuato, México, para evaluar la eficiencia relativa de diferentes fuentes orgánicas de N para las plantas. Los materiales estudiados fueron: estiércoles de ganado vacuno, caprino, conejo y gallinaza, así como abono verde de *Azolla filiculoides*. Se emplearon técnicas isotópicas (¹⁵N) de acuerdo a la metodología propuesta por el Organismo Internacional de Energía Atómica, usando pasto ballico (*Lolium multiflorum*) como planta indicadora y empleando seis repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron diferencias significativas en las tasas de mineralización de los materiales estudiados. La gallinaza y *Azolla* fueron rápidamente mineralizados, alcanzando, a la primera fecha de corte de follaje (30 días después de la siembra) equivalencias con el sulfato de amonio de 1.49 y 1.90, respectivamente. El estiércol de ganado vacuno, por otra parte, mostró la tasa de mineralización más lenta, mientras que los estiércoles de caprino y de conejo se comportaron de manera intermedia.

dante la adición de dosis cada mayores de fertilizantes químicos, razón por la cual la utilización de abonos verdes, leguminosas en rotación y de residuos agrícolas y pecuarios ha pasado a segundo plano en el mantenimiento de la fertilidad de los terrenos dedicados a la agricultura.

Las consideraciones anteriores, aunadas al hecho de que el consumo anual de fertilizantes nitrogenados en la región es superior a las 300 mil toneladas (5), motivaron el desarrollo de trabajos experimentales tendientes a determinar la potencialidad medida en términos de la capacidad relativa para suministrar N a las plantas, de algunas fuentes orgánicas de nitrógeno para la agricultura. El presente trabajo fue el primero que se desarrolló con ese propósito y tuvo como objetivo el de determinar la eficiencia nutrimental de algunos estiércoles disponibles en el denominado Bajío Guanajuatense (vacuno, caprino, conejo y gallina) y del abono verde *Azolla filiculoides* como fuentes de nitrógeno para las plantas.

MATERIALES Y METODOS

Se instaló un experimento de invernadero en el cual se evaluó el potencial agronómico de cinco fuen-

tes orgánicas de nitrógeno (estiércol de ganado vacuno, caprino, conejo y gallinaza así como el abono verde *Azolla filiculoides*). Los materiales ensayados mostraron contener una proporción de N total, materia orgánica (M.O) y razón C/N, la cual varió en rangos relativamente amplios y que se muestran en el Cuadro 1.

Los estiércoles fueron obtenidos de explotaciones comerciales representativas de la zona; se secaron a aire y se molieron en un molino Wiley con tamiz de 1 mm. En el caso de *Azolla filiculoides*, esta planta fue obtenida de la colección viva del Departamento de Microbiología de Suelos, del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México, la cual fue reproducida masivamente en la Escuela de Agronomía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato, en condiciones relativamente rústicas (estanques a la intemperie, suelo no estéril, agua de la llave y fertilizantes fosfatados comerciales).

En el experimento de invernadero se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio con siete tratamientos (cuatro estiércoles, *Azolla*, fertilizante químico y testigo absoluto) y seis repeticiones. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por macetas de plástico conteniendo la mezcla de los materiales bajo estudio y 3 kg de suelo representativo de la zona (vertisol pélico), el cual es arcilloso, no salino, ligeramente alcalino, pobre en N y materia orgánica, extremadamente rico en potasio, calcio y magnesio; las características del suelo empleado aparecen en el Cuadro 2. La determinación del N proveniente de cada una de las fuentes disponibles se hizo mediante la utilización de un estándar marcado isotópicamente con ^{15}N [$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] y 1% de exceso atómico. Los abonos se aplicaron a razón de 200 ppm de N (600 mg N/maceta); el estándar marcado se adicionó a nivel de 80 ppm N (240 mg N/maceta); todos los tratamientos recibieron 25 ppm de P como superfosfato de calcio simple (20%P₂O₅).

La planta indicadora utilizada fue el pasto ballico (*Lolium multiflorum*), variedad comercial Barspectra; el suelo de cada unidad experimental se mantuvo a capacidad de campo durante el transcurso del experimento, regándose con agua destilada (libre de NH₄⁺ y de NO₃⁻) para evitar contaminaciones. Se realizaron tres cortes de material vegetal con separación de 30 días entre cada uno, con el fin de conocer el comportamiento de cada fuente con relación al tiempo.

La metodología seguida para el desarrollo del experimento en el invernadero y para la determinación y análisis de las variables cuantificadas fue sugerida por la Sección de Fertilidad de Suelos del Organismo

Cuadro 1. Composición de los estiércoles y *Azolla*.

Clase de abono	%N total	% Mat. Orgánica	C/N
Vacuno ¹	1.09	53.28	23.35
Caprino ¹	1.92	67.01	20.24
Conejo ¹	2.30	63.69	16.05
Gallinaza ¹	5.14	70.18	7.91
<i>Azolla</i> ²	0.18	3.76	12.10

1 Con base en peso seco

2 Con base en peso fresco.

Internacional de Energía Atómica, empleando un espectrofotómetro de masa modelo Micromass 622 de la compañía Vacuum Generator Ltda. para la cuantificación de ^{15}N en las muestras (2, 3).

RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez realizados los trabajos de invernadero y de laboratorio, se procedió al análisis isotópico y estadístico de los datos obtenidos en cada corte; a continuación se discuten los resultados.

Se observaron diferencias altamente significativas en: rendimiento de materia seca, rendimiento de nitrógeno y en el % de N presente en el tejido vegetal proveniente de cada una de las fuentes disponibles (fertilizante, fuentes orgánicas y suelo) en cada uno de los cortes, mientras que para el % de N total en planta sólo hubo diferencias significativas entre tratamientos en el primer corte.

En cuanto a la eficiencia relativa de los abonos orgánicos se puede decir que en el primer corte se observó que los materiales con razón C/N más estrecha mostraron una alta eficiencia, ya que los tratamientos con gallinaza y *Azolla* (razón C/N de 7.9 y 12.1, respectivamente) arrojaron equivalencias de 1.49 y 1.90 con respecto al sulfato de amonio. Esto indica que 1.49 y 1.90 unidades de N suministradas como gallinaza y como *Azolla*, respectivamente, proporcionaron el equivalente a una unidad de N como sulfato de amonio. Por otra parte, el estiércol de ganado vacuno (C/N de 23.35) mostró una equivalencia, en el primer corte de 8.52, significativamente mucho menos eficiente que el resto de los abonos estudiados. En el segundo y tercer corte se siguió observando que las equivalencias más cercanas a la unidad fueron para gallinaza y *Azolla* (fuentes más eficientes), mientras que en el tratamiento con estiércol de ganado vacuno, la equivalencia con el sulfato de amonio mejoró hasta 1.36, superando incluso a la presentada por los estiércoles de conejo y de cabra. Los resultados finales se muestran en el Cuadro 3 y se pueden

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo experimental.

% Arena	17.00	Bouyucos
% Limo	26.00	Bouyucos
% Arcilla	57.00	Bouyucos
pH	7.50	2:1
% materia orgánica	1.30	Walkley-Black
% N total	0.10	Kjeldahl
Conduct. eléctrica (ds/m)	0.90	Conductímetro
P (ppm)	12.50	Bray-2
Ca (ppm)	2 290.00	Peech
Mg (ppm)	520.00	Peech
K (ppm)	270.00	Peech

resumir diciendo que se observaron tres grupos diferentes en cuanto a eficiencia como fuentes nutrimentales; aquellas de rápida mineralización (gallinaza y *Azolla*), de lenta mineralización (estiércol de ganado vacuno) y de mineralización intermedia (conejo y caprino), determinado esto de acuerdo a la pendiente de cada función de respuesta de los abonos estudiados con respecto al tiempo (Fig. 1). En términos generales, se pudo observar que la razón C/N de las fuentes orgánicas determinó la tasa de mineralización de las mismas; mientras más estrecha, la disponibilidad de N para las plantas fue alta en etapas iniciales, mientras que aquellas con una relación C/N mayor, proporcionaron N en forma aprovechable hasta unos 90 días después de su incorporación al suelo.

Un último aspecto que se debe destacar es el referente a la proporción de N en las plantas derivado del suelo (% NpdS). Los resultados obtenidos al tercer

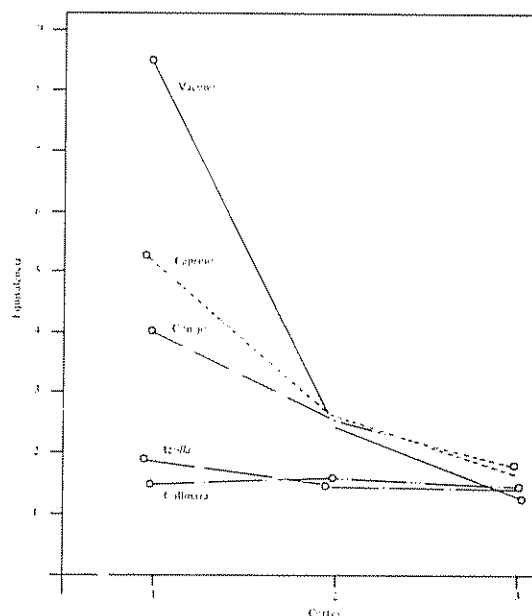


Fig. 1. Eficiencia relativa de los abonos orgánicos estudiados con respecto a la presentada por el sulfato de amonio.

corte de follaje (Cuadro 3) muestran que en los tratamientos que se aplicaron fuentes orgánicas de nitrógeno, éstos (los valores de %NpdS) fueron significativamente menores que en aquéllos en los que no se aplicaron. Esto último es más patente en el tratamiento con gallinaza, ya que la proporción de N en la planta proveniente del suelo fue de sólo 34.70%, mientras que en el tratamiento con fertilizante químico este

Cuadro 3. Análisis isotópico de los resultados del tercer corte del experimento con fuentes orgánicas de nitrógeno.

Variable	Testigo	Sulfato	Vacuno	Caprino	Conejo	Gallina	<i>Azolla</i>
R. M. S. ¹ (g/maceta)	9.18	12.62	11.58	15.02	16.40	16.59	18.03
N total (%)	1.56	2.04	1.45	1.46	1.50	2.11	1.90
R. N. total ² (mg/maceta)	153.00	257.00	168.00	219.00	247.00	351.00	343.00
¹⁵ N a. e. ³ (%)	0.00	0.311	0.182	0.198	0.199	0.175	0.186
% NpdF ⁴	0.00	38.29	22.44	24.33	24.43	21.53	22.85
% NpdS ⁵	100.00	61.71	36.17	39.21	39.37	34.70	36.83
% NpdFO ⁶	0.00	0.00	41.39	36.46	36.20	43.77	40.32
Valor "A" (mg N)	0.00	386.80	442.72	359.64	355.60	487.92	423.53
Equivalencia (NH ₄) ₂ SO ₄	0.00	1.00	1.36	1.67	1.69	1.23	1.42

- 1 Rendimiento de Materia Seca.
- 2 Rendimiento de N total en planta
- 3 % de ¹⁵N átomos en exceso.
- 4 % de N en planta derivado del fertilizante
- 5 % de N en planta derivado del suelo.
- 6 % de N en planta derivado de las fuentes orgánicas.

parámetro alcanzó un valor de 61.71%. Esta observación pone de manifiesto que el deterioro que sufren los suelos en su fertilidad potencial, cuando no se usan abonos orgánicos, es mayor que cuando éstos se incorporan como práctica habitual en el manejo de los suelos. Este hecho es de particular importancia en el Bajío de Guanajuato, ya que, debido a la falta de incorporación de abonos orgánicos en los suelos de esta zona, la cantidad de N que se debe aplicar en forma de fertilizante químico casi se ha duplicado para la mayoría de los cultivos, en los últimos 10 años (5).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden ser utilizados en la formulación de programas de fertilización con estiércoles como fuentes de N, o bien, como complemento a la aplicación de fertilizantes químicos en la región ya que se cuenta con la equivalencia nutrimental de cada fuente ensayada, en relación a la mostrada por el sulfato de amonio.

LITERATURA CITADA

1. FRIED, M. "E", "L" and "A" values. Proceedings 8th International Congress of Soil Science 4:29-37.
2. FRIED, M. 1970. Direct quantitative assessment in the field of fertilizer management practices. Vienna International Center.
3. FRIED, M.; SOPPER, R.J.; BROESHARI, H. 1975. ¹⁵N-labelled experiments of fertility. *Agronomy Journal* 67:393-396.
4. IAEA/FAO Joint Division. 1976. Tracer manual on crops and soils. Technical report series no. 181. International Atomic Energy Agency. Vienna.
5. MEXICO-SARH -DGEA. 1982. Anuario estadístico de la producción agrícola nacional. México.
6. ZAPATA, F.; DANSO, S.K.A. 1981. Proceedings of the workshop on the use of ¹⁵N and radioisotopes in studies of plant nutrition. International Atomic Energy Agency. Vienna.