

Efecto de la aplicación de estiércoles frescos sobre algunos parámetros microbiológicos del suelo y la productividad de *Urochloa humidicola* en un molisol después de siete años

Francis Urbano¹, Yusmary Espinoza² y Lesly Malpica²

¹Instituto de Química Agrícola. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

RESUMEN

El uso del estiércol fresco permite resolver problemas de fertilidad del suelo; sin embargo, hay aspectos importantes de salud pública dada la presencia de microorganismos patógenos. Un experimento sobre la aplicación continua de estiércol fresco fue utilizado para cuantificar los coliformes totales (CT) y fecales (CF) presentes en el suelo, así como el efecto de esta aplicación sobre la productividad de biomasa de *Urochloa humidicola* en un molisol después de siete años. El experimento se localizó en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas en Maracay, Venezuela. Los tratamientos incluyeron dos estiércoles (vacuno y gallinaza), un fertilizante químico (urea) y sin fertilizante como controles. Se tomaron muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad y se determinó el número de bacterias y hongos, CT y CF, utilizando el método del número más probable. La aplicación continua de estiércol aumentó la cantidad de bacterias y hongos y la cantidad de CT y CF en el suelo. Los valores de CF en suelos fertilizados con gallinaza fueron significativamente ($P < 0,05$) más altos que los observados en los otros tratamientos. La productividad del pasto mostró una variación significativa ($P < 0,05$) en relación con el tipo de estiércol aplicado durante los siete años de la evaluación en comparación con los controles. Sin embargo, sólo en los dos últimos años de evaluación se observó diferencia entre los estiércoles con respecto a la productividad del pasto. Siete años de aplicación continua de estiércol no sólo incrementaron el rendimiento de *U. humidicola*, sino también el nivel de contaminación del suelo.

Palabras clave: *Urochloa humidicola*, estiércol vacuno, gallinaza, coliformes totales, coliformes fecales.

Effect of application of fresh manure on some soil microbial parameters and productivity of *Urochloa humidicola* in a molisol after seven years

ABSTRACT

The use of manure permits to solve some problems in soil fertility. However, there is an important aspect of public health related to the application of fresh manure, due to the incidence of diseases in humans related to pathogenic microorganisms contained on those manures. A continue application of fresh manures study was conducted to quantify total and fecal coliforms in soil, as well as the effect of this application on biomass productivity of *Urochloa humidicola* in a molisol after seven years. The experiment was conducted at Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas experimental field in Maracay, Venezuela. The treatments included two manures (cattle and poultry), a chemical fertilizer (urea) and no fertilizer as controls. Soil samples were collected at 0-10 cm depth to count bacteria, fungi, and total and fecal coliforms. Manure application increased bacteria, fungi, and total and fecal coliforms numbers in soil. Fecal

*Autor de correspondencia: Yusmary Espinoza

E-mail: yespinoza@inia.gob.ve

coliforms in poultry manure treatment were significantly higher as compared to the other treatments. The continuous application of manure increased the amount of bacteria and fungi in soil and the amount of total and fecal coliforms. The pasture productivity under manure application was higher ($P < 0.05$) compared to controls, but, only in the last two years, there were differences between manures. Six years of continuous manure application not only increased the pasture productivity, but also the level of contamination in soil.

Key words: *Urochloa humidicola*, cow manure, poultry manure, total coliforms, fecal coliforms.

INTRODUCCIÓN

Se ha estimado que el uso de fertilizantes químicos nitrogenados ha incrementado en aproximadamente 50% en los últimos 20 años y se predice que sus demandas aumentarán en el futuro (Peña-Cabriales *et al.*, 2000). Esta situación ha acelerado los procesos de descomposición de la materia orgánica del suelo (Espinoza *et al.*, 2007), lo que está acarreado serios problemas de degradación de las tierras debido a la desaparición de la fracción orgánica de los suelos (Burbano, 2001), situación que llama a la atención hacia el uso de materiales orgánicos, de diversos orígenes, en la producción agrícola.

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el propósito de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas (FAO, 1983). Estos materiales reducen la plasticidad y cohesión de los suelos arcillosos, mejoran la estructura debido a la formación de agregados más estables, aumentan la capacidad de retención de agua, la capacidad de intercambio catiónico, activan la disponibilidad de nutrientes, regulan el pH del suelo, aumentan la actividad microbiana y favorecen la asimilación de los nutrientes por su lenta liberación (Araque, 2001).

Entre los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura se encuentran los estiércoles (bosta, gallinaza, cerdaza, entre otros). Sin embargo, el uso eficiente de los nutrientes contenidos en éstos depende de su concentración, método y momento de aplicación y disponibilidad a corto y largo plazo de los nutrientes (Espinoza *et al.*, 2007; 2009). De acuerdo a lo señalado por López (2003), el tiempo necesario para obtener compost es de aproximadamente cuatro meses. Si bien el compostaje depende de múltiples factores, los que más afectan al proceso son humedad, aireación y el tipo de materia orgánica que se haya depositado en el compostero.

En Venezuela se producen cantidades apreciables de estiércol provenientes de la explotación intensiva de animales (Parra *et al.*, 1985), los cuales pueden contribuir a la producción agrícola, permitiendo el uso de un recurso que de otra manera se perdería o causaría,

por manejo inadecuado, la contaminación de aguas, aire y suelos.

El aprovechamiento de los estiércoles como fertilizantes, además de reducir los costos a los productores agrícolas, también permite resolver problemas de fertilidad del suelo. Sin embargo, existe un importante aspecto de salud relacionado a la aplicación de estiércoles frescos, el cual está dado por la incidencia de enfermedades a los seres humanos (Edwards *et al.*, 2000), que son producidas por los microorganismos patógenos contenidos en estas excretas de animales (Walker *et al.*, 1990). En consecuencia, la determinación de la calidad microbiológica de estos estiércoles resulta valiosa desde el punto de vista de la salud pública, porque estas bacterias pueden causar fiebre, diarrea, vómitos, náuseas y dolores abdominales en los seres humanos expuestos (LeJeune y Wetzel, 2007). Debido a que la detección y cuantificación de microorganismos patógenos específicos son difíciles, las bacterias coliformes fecales (CF) han sido ampliamente usadas como indicadores de contaminación de estos patógenos en los suelos y aguas (Turco, 1994). A través de estas determinaciones, se han detectado el transporte vertical y superficial de CF en el suelo luego de la aplicación de estiércoles (Walker *et al.*, 1990; Edwards *et al.*, 2000).

La importancia que tienen los estiércoles frescos, desde el punto de vista económico, como fertilizantes orgánicos ha sido bien referenciada en la literatura; sin embargo, la efectividad ha sido poco relacionada a su inocuidad. Por tal motivo, en el año 2003, se estableció un ensayo en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (Ceniap), donde se incluyeron como fertilizantes orgánicos el estiércol vacuno y la gallinaza, los cuales fueron aplicados anualmente de manera continua hasta la fecha. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar los coliformes totales y fecales presentes en el suelo luego de una aplicación continua de estiércol fresco y su efecto sobre la productividad de biomasa de *Urochloa humidicola* en un molisol después de siete años.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de campo fue establecido en el año 2002 en el Campo Experimental del CENIAP, estado Aragua, Venezuela, ubicado a 10° 17' N y

67° 37' O, con una altura aproximada de 460 msnm, una precipitación promedio anual de 1073 mm y una temperatura media de 25,6°C, con 81% de la precipitación total anual producida en el período lluvioso (mayo a octubre), siguiendo un patrón unimodal. El suelo es un molisol clasificado como Fluventic Haplustolls, franco con una textura de 17,5% arcilla, 40,8% limo y 41,6% arena, conteniendo 17,3 y 1,58 g/kg de carbono y nitrógeno orgánico, respectivamente. El pH del suelo (1:1 agua) de 0-15 cm es 6,02. Previo al experimento el área estuvo en barbecho.

Los estiércoles usados para el experimento incluyeron estiércol vacuno (EV) y gallinaza. La caracterización microbiológica de cada estiércol es presentada en el Cuadro 1. Cada año, antes de su uso, se calculó la tasa agronómica de aplicación considerando el contenido de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ y nitrógeno orgánico, de ese año. Estas tasas fueron calculadas asumiendo que 100% del $\text{NH}_4^+\text{-N}$ está disponible inmediatamente después de la aplicación y que 35 y 65% del nitrógeno orgánico es mineralizado durante el primer año de aplicación para EV (Harris, 1993) y gallinaza (Romero-Lima et al., 2000), respectivamente. Cada uno de los dos estiércoles fue calculado para proveer una tasa de 75 kg N/ha, la cual fue aplicada al inicio de la época de lluvias. Adicionalmente, se incluyó urea aplicada a esta misma tasa (FQ) y un control sin nitrógeno (SF). Los tratamientos fueron aplicados a parcelas de 10×10 m y arreglados en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

En agosto de 2003, se sembró la gramínea (*Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga) sin ningún tipo de mecanización. La tasa de siembra utilizada fue de 3 kg semilla/ha, se realizó control manual de las malezas dentro de las parcelas y externamente con aplicación de herbicida (2,5 L/ha de Roundup®). Se realizaron entre 4 y 6 cortes por año desde 2003 hasta 2009, utilizándose para la cosecha una cuadrícula de 50×50 cm. El material vegetal cosechado se secó en estufa a 60°C hasta obtener el peso constante.

En la época de verano de 2009 se tomaron 16 muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad. El contenido de arena, limo y arcilla fue 388, 398 y 214 g/kg, respectivamente. El pH fue de 6,08; la

conductividad eléctrica de 0,04 mS/cm, la concentración de carbono, nitrógeno y fósforo disponibles fueron de 27, 2 y 0,008 g/kg, respectivamente. El contenido de C, N y P antes de comenzar el experimento fue de 16,4, 1,32 y 0,019 mg/kg, respectivamente. De cada repetición se colectaron ocho submuestras de suelo usando un muestreador de mano Oakfield (2,26 cm de diámetro). Estas submuestras formaron una muestra compuesta por cada repetición. Cada muestra fue colocada en bolsas plásticas y trasladada en frío (4°C) al laboratorio y analizadas dentro de las primeras 24 a 72 h. Una vez en el laboratorio fueron tamizadas a través de una malla de 4 mm para su homogenización. El contenido de agua o humedad se determinó gravimétricamente en estufa a 105°C durante 48 h.

La cuantificación de bacterias y hongos se realizó por el método de conteo en placa (Zuberer, 1994). Los CT se cuantificaron utilizando la técnica del número más probable (NMP) en medio líquido (Woomer, 1994), siguiendo la metodología propuesta por Turco (1994), la cual consistió de una prueba presuntiva que proporcionó una estimación de los CT y una confirmativa para los CF, las cuales se expresaron como el número de unidades formadoras de colonia (UFC). En la prueba presuntiva se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-4} a partir de una solución madre de suelo en solución fisiológica salina (relación 1:10); posteriormente, tres tubos por dilución conteniendo caldo lauril triptosa y un tubo Durham invertido fueron sembrados con 1 mL de cada dilución e incubados en un baño de agua maría a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 ± 1 h. Se consideraron positivos aquellos tubos con turbidez y con presencia de gas en el interior del tubo Durham.

Para la prueba confirmativa se seleccionaron los tubos positivos resultantes de la prueba anterior y éstos fueron usados como inóculo para la cuantificación de CF. En este análisis se utilizaron tres tubos por dilución conteniendo caldo enzimático (mezcla de triptosa, lactosa, sales de bilis, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 y NaCl) y un tubo Durham invertido dentro de los tubos. Después de un período de incubación de 24 ± 1 h a $45 \pm 1^\circ\text{C}$, la positividad fue certificada por la presencia de gas en el tubo Durham (Turco, 1994). El NMP fue determinado utilizando un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 1. Caracterización microbiológica de los estiércoles utilizados en el ensayo.

Estiércol	Bacterias	----- UFC/ g estiércol-----		
		Hongos	Coliformes totales	Coliformes fecales
Estiércol vacuno	14 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶	9 x 10 ⁶	3 x 10 ⁶
Gallinaza	8 x 10 ⁶	4 x 10 ⁶	15 x 10 ⁶	8 x 10 ⁶

UFC: Unidades formadoras de colonias

Los datos fueron analizados a través del sistema de análisis estadístico SAS (SAS Institute, 2005). El diseño utilizado fue de parcelas divididas con bloques al azar, donde los tratamientos considerados fueron las parcelas ubicadas dentro de cada bloque y posteriormente se subdividió aleatoriamente cada tratamiento en fechas de corte (subparcelas), empleándose cuatro bloques en total (Gil, 2001). El Proc Mixed del programa SAS fue usado como procedimiento para el análisis de varianza. Para la separación de la diferencia entre medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). Todos los resultados fueron considerados diferentes a un nivel de significancia de $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de materia seca del pasto mostró una variación significativa ($P < 0,05$) de los tratamientos aplicados en los siete años de evaluación comparada con los controles (Cuadro 2). Los valores de rendimiento fluctuaron entre 1 800 y 8 000 kg/ha. Se observaron los mayores rendimientos de *U. humidicola* en el año 2003 y los menores en el 2007 para todos los tratamientos. Era de esperarse encontrar altos valores de rendimiento del pasto al comienzo del ensayo, ya que, el área donde se estableció el experimento había estado en barbecho durante los últimos 10 años. En el año 2003 y en los dos últimos años de evaluación (2008 y 2009) se observó una diferencia significativa ($P < 0,05$) con respecto al rendimiento entre los tratamientos gallinaza y EV. Quizás esta diferencia en los dos últimos años de evaluación se deba a un aumento de la capacidad suplidora del suelo por parte de la gallinaza. De acuerdo a Espinoza *et al.* (2012), la gallinaza es más eficiente en suplir nitrógeno al

Cuadro 2. Respuesta de la *Urochloa humidicola* a fertilización continua de estiércol y urea.

Año	Sin nitrógeno	Urea	Gallinaza	Estiércol vacuno
----- kg MS/ha -----				
2003	5358aC†	5138aC	8016aA	6033aB
2004	4432bB	4325bB	4969cA	5033bA
2005	3735bA	3439cA	4067dA	4112cA
2006	2540cB	2722dAB	3063eA	3093dA
2007	1837dB	2616dAB	3046eA	2895dA
2008	3966bC	4932aB	6499bA	4882bB
2009	3828bC	3980cC	5878bA	4900bB

† Valores con letras minúsculas distintas dentro de la columna son diferentes ($P < 0,05$) y valores con letras mayúsculas distintas dentro de la fila son diferentes ($P < 0,05$).

pasto debido a que los estiércoles de aves tienen una gran proporción de sustancias de fácil descomposición. Por otra parte, se observó una tendencia clara de la disminución del rendimiento de *U. humidicola* en todos los tratamientos desde 2003 hasta 2007, tendencia no observada durante los años 2008 y 2009, donde el rendimiento fue similar ($P < 0,05$) al observado en el 2004. Cuando se relacionó el comportamiento del pasto con respecto al rendimiento con la precipitación en los años en evaluación (Figura 1), se observa que el parámetro lluvia no puede explicar esta respuesta. Quizás la recuperación en el rendimiento del pasto se deba a que durante estos dos últimos años el número de cortes de pasto por año disminuyó en un 50%. Del 2005 al 2007 se realizaron cortes con una frecuencia de seis semanas, a diferencia de nueve semanas, realizado en el 2008 y 2009. La frecuencia de los cortes fomenta un mayor desarrollo del forraje, pero cuando es muy alta se afecta la eficiencia fotosintética y la reposición de reservas, así como el crecimiento y periodo de vida del material radicular, afectando la absorción de nutrientes (McIlroy, 1973).

En relación a los parámetros microbiológicos medidos luego de la aplicación continua (2003-2009) de los estiércoles, se observa (Cuadro 3) que los valores obtenidos del conteo de las bacterias mesófilas entre los tratamientos osciló entre $3,18 \times 10^6$ y $8,85 \times 10^6$ UFC/g suelo seco. La fertilización con gallinaza y EV presentó los valores ($8,85$ y $6,84 \times 10^6$ UFC/g suelo seco, respectivamente) más altos ($P < 0,05$), los cuales superaron, en promedio, en casi un 50% a los controles (≈ 5 y 3×10^6 UFC/g suelo seco para FQ y sin SF). El mayor conteo de colonias de bacterias en placa en los tratamientos donde se aplicaron los estiércoles por siete años continuos puede atribuirse, en principio, a su misma condición de material fecal. Esto era de esperar debido a la alta carga microbiana ($> 10^6$ UFC/g estiércol) que se está introduciendo en el suelo con la aplicación tanto de EV como gallinaza comparado con los controles (Cuadro 1). De acuerdo a Espinoza *et al.* (2009), esta carga microbiana se mantiene debido a la alta concentración de carbono, como consecuencia de residuos orgánicos, de fácil descomposición contenida en los estiércoles. Este carbono le sirve a los microorganismos como una fuente de energía, especialmente para aquellas bacterias de naturaleza heterotróficas y quimioheterotróficas, las cuales lo emplean para su síntesis celular (Barbosa y Posada, 1994).

Al comparar los valores de bacterias obtenidos en este estudio con los encontrados por Guerrero y Otero (2006) de 2×10^6 y $4,7 \times 10^9$ UFC/g suelo, en suelos fertilizados con estiércol animal fresco, se observa que estos se sitúan en un rango inferior. Esta respuesta puede deberse a la diferencia de tiempo existente entre

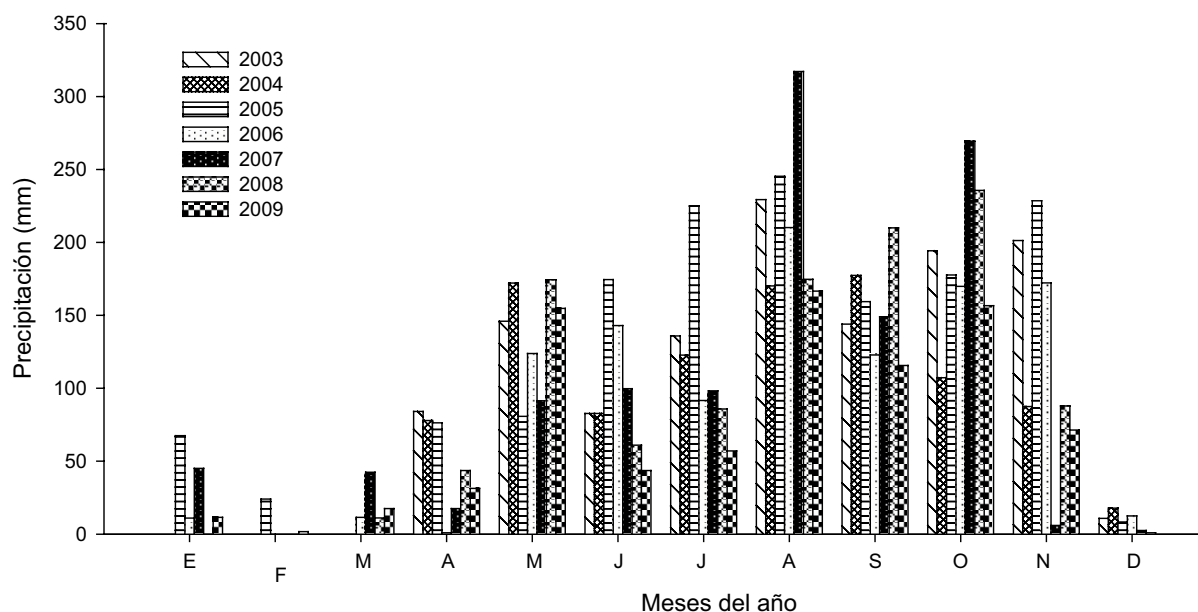


Figura 1. Precipitación anual (mm) durante los años 2003 hasta 2009 en el Campo Experimental del Ceniap, Maracay, estado Aragua.

la aplicación de estiércol y la toma de muestra de suelo. Es importante recordar que en este ensayo las muestras fueron tomadas aproximadamente un año después de aplicado el estiércol, a diferencia del estudio de Guerrero y Otero (2006), donde las muestras fueron tomadas sólo cuatro meses después de la aplicación.

El conteo de hongos en placa mostró un comportamiento similar al de las bacterias (Cuadro 3), con los mayores valores ($P < 0,05$) observados en los tratamientos con las excretas animales ($0,91$ y $1,02 \times 10^6$ UFC/g suelo seco para gallinaza y EV, respectivamente). El valor del EV fue superior en aproximadamente 77% con respecto al tratamiento control ($2,3 \times 10^5$ UFC/g). Las UFC en el caso de la FQ fueron similares estadísticamente al tratamiento sin SF, pero con valores numéricamente más altos ($6,5 \times$

10^5 UFC/g de suelo seco). Guerrero y Otero (2006) encontraron un comportamiento similar al obtenido en esta investigación, pero con mayor abundancia de estos organismos cuyos valores oscilaron entre $5,71 \times 10^7$ y $14,5 \times 10^7$ UFC/g suelo.

La abundancia de CT osciló entre $1,0 \times 10^4$ y $2,0 \times 10^5$ y los CF entre 5×10^3 a 3×10^4 UFC/g suelo, respectivamente (Cuadro 4). Las poblaciones de CT siguieron el orden: gallinaza > EV > FQ = SF. Los valores para los dos estiércoles evaluados resultaron similares entre sí; sin embargo, estos valores fueron mayores ($P < 0,05$) en comparación con los controles (FQ y SF). Similar a lo observado con la enumeración de las bacterias y los hongos, la carga microbiana de los CT y CF introducida con la aplicación de los estiércoles fue alta ($> 10^6$) comparada con los controles (Cuadro 1).

Los valores de los CF siguieron el orden: gallinaza > EV > SF > FQ. Al igual que lo observado en el caso de los CT, no se encontraron diferencias significativas entre los estiércoles; sin embargo, los valores en el caso de EV fueron similares al de los controles. Para el caso de la gallinaza se observaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos controles (3×10^4 UFC/g suelo); no obstante, este valor es mucho menor al reportado por Palacios (2005) de $3,5 \times 10^8$ UFC/g suelo. Los altos valores de CT y CF encontrados con gallinaza en comparación con EV pueden ser explicados por el tipo de sistema de almacenamiento utilizado en el sistema de producción o explotación donde se obtuvo la gallinaza. En este tipo de sistema de producción (sistemas intensivos en jaula), la gallinaza es acumula-

Cuadro 3. Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos de un suelo molisol después de siete años de fertilización con estiércoles y fertilización química

Tratamiento	Bacterias	Hongos
	---- UFC/ g suelo seco ----	
Sin fertilización	$3,3 \times 10^6$ b+	$2,3 \times 10^5$ b
Fertilización química	$4,8 \times 10^6$ b	$6,5 \times 10^5$ ab
Gallinaza	$9,0 \times 10^6$ a	$9,1 \times 10^5$ a
Estiércol vacuno	$7,0 \times 10^6$ a	$1,0 \times 10^6$ a

+ Medias con letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Cuadro 4. Unidades formadoras de colonias (UFC) de coliformes totales y fecales de un suelo molisol después de siete años de fertilización con estiércoles y fertilización química.

Tratamiento	Coliformes totales	Coliformes fecales
---- UFC/ g suelo ----		
Sin fertilización	6,7x10 ³ b+	4,7x10 ³ b
Fertilización química	7,8x10 ³ b	3,4x10 ³ b
Gallinaza	2,0x10 ⁵ a	3,3x10 ⁴ a
Estiércol vacuno	1,3x10 ⁵ a	2,0x10 ⁴ ab

+ Medias con letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0,05).

da por periodos mayores a seis meses, en estercoleros generalmente pequeños y descubiertos, esta gallinaza se caracteriza por su alto contenido de humedad y nitrógeno. Estas condiciones pudieron haber ocasionado las altas cargas de CT y CF.

Es interesante observar la presencia de un alto número de CF ($\approx 5 \times 10^3$) en los tratamientos controles. La aparición de estos contaminantes en las parcelas donde no se aplicaron los estiércoles puede atribuirse al agua de escorrentía, que transportó estos contaminantes de unas parcelas a otras. Edwards *et al.* (2000) y Srivastava *et al.* (1996) han demostrado que contaminantes como CF pueden ser transportados en la fase acuosa a pocos metros del área donde fue aplicado el estiércol, y de esta forma los suelos que no habían recibido aplicaciones de abonos orgánicos de origen animal, o que nunca estuvieron sometidos a pastoreo, presentaron una alta contaminación por CF. Se destaca la aplicación de estiércol al suelo, lo cual incrementó la cantidad de CF en más de 80%. Estas bacterias han sido ampliamente usadas como indicadores de contaminación de suelos y aguas (Turco, 1994) y una elevada proporción de estos organismos señala un alto nivel de contaminación en el suelo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento, la gallinaza no sólo incrementó el rendimiento de la materia seca de la *Urochloa humidicola*, sino también tuvo un efecto importante sobre el conteo de CF en el suelo. Altos niveles de CF en el suelo pueden incrementar la probabilidad de presencia de organismos patógenos, como *E. coli* y salmonella.

CONCLUSIONES

La aplicación continua de gallinaza o EV frescos sobre un suelo molisol, mantuvo los rendimientos de *Urochloa humidicola* en valores aceptables y su aplicación

influyó significativamente sobre la cuantificación de las unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos totales, CT y CF del suelo, siendo la gallinaza el fertilizante de mayor riesgo para la salud pública por su alta carga de CF.

Este estudio evidencia que cuando se utilizan estiércoles sin compostar previo a su utilización como abonos, principalmente gallinaza, puede persistir una alta concentración de CT en el suelo y en el tiempo. Además, no sólo pueden contaminar el área donde están siendo aplicados, sino también las áreas cercanas a ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araque, R. 2001. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. In Mojica F. (Ed.) Fertilidad de suelos. Diagnostico y control. 2^{da} ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá. Colombia. 393 p.
- Barbosa, C.; I. Posada. 1994. Comparación cualitativa y cuantitativa entre el compost y lombricompost de pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hochst) y clavel (*Dianthus caryophyllus*). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia. 141 p.
- Burbano, H. 2001. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. In: Mojica F. (Ed.) Fertilidad de suelos. Diagnostico y control. 2^{da} ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 393 p.
- Edwards, D.R.; B.T. Larson; T.T. Lim. 2000. Runoff nutrient and fecal coliform content from cattle manure application to fescue plots. J. Am. Water Res. Assoc. 36:711-724.
- Espinoza Y.; J.L. Gil; N.E. Obispo. 2007. Uso de estiércoles y siembra directa para incrementar la productividad de *Brachiaria humidicola*. XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Sección pastos y forrajes. Resumen completo. Cusco, Perú. 7 p.
- Espinoza, Y.; M. Hernández; T. Barrera; N. Obispo. 2009. Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes. Zootecnia Trop. 27: 151-161.
- Espinoza Y.; J.L. Gil; N.E. Obispo; L. Malpica; M. de Jesús. 2012. Efecto de la fuente de nitrógeno sobre la capacidad suplidora de N del suelo y productividad de *Urochloa humidicola*. Rev. Fac. Agron. UCV 38: 98-105.
- FAO. 1983. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América Latina. FAO. Roma, Italia. 123 p.

- Gil, J.L. 2001. Comparación de los procedimientos GLM y MIXED del SAS para analizar diseños de parcelas divididas con bloques al azar. *Zootecnia Trop.* 19: 43-58.
- Guerrero, A.; M. Otero. 2006. Laboreo y fertilización del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst): Efecto sobre variables edáficas. *Arch. Zootec.* 55: 39-50.
- Harris, J. 1993. Source and fate of N under no-tillage and conventional tillage corn production. M.S. Thesis. Kansas State University. Manhattan, EUA.
- LeJeune, J.T.; A.N. Wetzel. 2007. Preharvest control of *Escherichia coli* O157 in cattle. *J. Anim. Sci.* 85: E73-E80.
- López, J. 2003. Producción de compost. In Salazar E.; M. Fortis; A. Vázquez; C. Vázquez (Eds). *Abonos Orgánicos y Plasticultura*. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COC y TED. Palacio, México. pp. 63-84.
- Mcllory, R.J. 1973. Algunas especies de pastos y leguminosas en las regiones tropicales. In: Conti, A. (Ed) *Introducción al cultivo de los pastos tropicales*. Limusa, S.A. Ciudad de México, México. pp. 21-34.
- Palacios, O. 2005. Evaluación de un sistema discontinuo de biodigestión anaerobia para el tratamiento de desechos avícolas. *Rev. Fac. Ing. UCV* 20: 105-112.
- Parra, R.; A. Escobar; G. Goiri. 1985. Recursos alimenticios no tradicionales para la ceba de bovinos. In León, R.A. (Ed) *Manejo, procesamiento y utilización de excretas de aves*. 5^{to} Ciclo de Conferencias sobre Producción Avícola. Maracay, Venezuela. pp. 1-77.
- Peña-Cabriales, J.J.; O.A. Grageda-Cabrera; J.A. Vera-Nuñez. 2000. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México. Uso de las técnicas isotópicas (¹⁵N). *Terra Latín.* 20: 51-56.
- Romero-Lima, M.; A. Trinidad-Santos; R. Garcias-Espinosa. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en el suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 24: 261-269.
- SAS Institute. 2005. *Procedures guide*. Release 9, 02 ed, SAS Institute. Cary, EUA.
- Srivastava, P.; D.R. Edwards; T.C. Daniel; P.A. Moore; T.A. Costello. 1996. Performance of vegetative filter strips with varying pollutant source and filter strip lengths. *Trans. ASAE* 39: 2231-2239.
- Turco, R.F. 1994. Coliform bacteria. In Weaver, R.W.; S. Angle; P. Bottomley; D. Bezdicek; S. Smith; A. Tabatabai; A. Wollum (Eds.) *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America. Madison, EUA. pp. 145-158.
- Walker, S.E.; S. Mostaghimi; T.A. Dillaha; F.E. Woeste. 1990. Modeling animal waste management practices: impacts on bacteria levels in runoff from agricultural lands. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 33: 807-817.
- Woomer, P.L. 1994. Most probable number counts. In Weaver, R.W.; J.S. Angle; P.S. Bottomley (Eds) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. SSSA Book Series, No 5. Madison, EUA. pp. 59-79.
- Zuberer, D. 1994. Recovery and enumeration of viable bacteria. In Weaver, R.W.; J.S. Angle; P.S. Bottomley (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. SSSA Book Series, No 5. Madison, EUA. pp. 119-143.