

Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes

Yusmary Espinoza^{1*}, Marcos J. Hernández Z.², Teresa V. Barrera Ch.¹ y Néstor E. Obispo¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apartado Postal 4653. Maracay 2105, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: yespinoza@inia.gob.ve

²Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Valencia, Carabobo. Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la relación entre el tipo de dieta recibida por los animales sobre la calidad microbiológica de las excretas de bovinos, aves y cerdos y su uso como fertilizantes, se recolectaron muestras de las correspondientes excretas animales (EA), en granjas ubicadas en distintas localidades de los estados Aragua, Carabobo y Yaracuy. En un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, se compararon los siguientes tratamientos basados en tres tipos de excretas: vacuno o bosta (B), de gallina o gallinaza (G) y porcino o cerdaza (C), en combinación con dos diferentes dietas alimenticias (D1 y D2), diferentes en cada caso, suministrados a los animales. Se les determinó el contenido de bacterias y hongos totales, bacterias coliformes totales y fecales. No se observó una respuesta concreta relacionada con la dieta sobre el número bacterias y hongos presentes en las EA estudiadas. El mayor número de bacterias se encontró en la bosta y el mayor número de hongos en la gallinaza. En general, la cantidad de coliformes fecales, encontradas en las EA estudiadas, estuvo en el rango de 2×10^6 a 7×10^7 NMP/g. Estos valores excedieron los valores permitidos para estos patógenos en materiales orgánicos de origen animal para su uso como fertilizantes orgánicos. La bosta con ambas dietas mostró tener el menor grado de estabilización, determinada en base a la cantidad de C mineralizado. En base a las similitudes encontradas entre las variables estudiadas, los tratamientos fueron agrupadas, mediante un análisis cluster, de acuerdo a sus cargas microbianas, patógenos, o de condiciones de fertilización, encontrándose tres grupos claramente definidos: Grupo I: BD1 y BD2; Grupo II: GD1, GD2 y CD1 y el Grupo III: CD2. El primer grupo tuvo una condición menos estable asociado a la mineralización y aun mayor número de bacterias, el segundo fue estable como abono orgánico y con capacidad para inmovilizar menor cantidad de N, pero con un alto riesgo para la salud pública por su carga de patógenos. El tercer grupo, de altísimo riesgo para la salud pública, potencialmente lo cuestiona en su uso como fertilizante orgánico.

Palabras clave: estiércol, dieta, alimentación, calidad microbiológica, fertilizante orgánico.

Effect of animal feeding on the microbiological quality of manures used as fertilizers

ABSTRACT

To evaluate the relationship between type of diet and microbiology quality of cow, hen, and pig manure used as fertilizers, we collected samples of each manure (M) from farms located in Aragua, Carabobo, and Yaracuy states, Venezuela. On the basis of a completely randomized experimental design with four repetitions, the following treatments were compared: bovine (B), poultry (G), and pork (C) manures, in combination with two different types of diets (D1 and D2) provided to the animals, for six treatments. Samples were processed and analyzed for total bacteria and fungi contents, and total and fecal coliform bacteria. There was not a specific effect of the type of diet on the number of bacteria and fungi among the manures. The higher content of bacteria and fungi was observed in bovine and poultry manures, respectively. In general, the amount of fecal coliforms found in the manures ranked between 2×10^6 to 7×10^7 MPN/g. These values exceed those values internationally allowed

for these pathogens in the manures used as fertilizers. Manures were grouped on the basis of their similarities of microbial loads, pathogens or fertilizer conditions, in three well defined groups: I: BD1 and BD2, II: GD1, GD2 and CD1, and III: CD2. Group I, with less stable conditions, was associated to the mineralization and higher number of bacteria. The second was more stable as organic fertilizer with lesser capacity to immobilize the N, but with a high risk for the public health due to its high load of pathogens. The third group had the highest risk for public health that compromises its use as organic fertilizer.

Keywords: manure, diet, feeding, quality, fertilizer.

INTRODUCCIÓN

El uso de los estiércoles animales (EA) como fertilizante, minimiza los costos a los productores agrícolas y permite remediar problemas de fertilidad del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas y la obtención de una mayor capacidad productiva, entre otros beneficios. Cuando un productor agrícola toma la decisión de utilizar estiércoles con fines de fertilidad, debería considerar la correspondencia entre los aportes de nutrientes, su carga microbiológica, tipo de suelo, así como las prácticas de manejo a ser utilizadas. Aunque por lo general, los estiércoles contienen pequeñas cantidades de nutrientes, su carga microbiológica puede ser muy elevada. Esta carga microbiológica indica que los estiércoles son materiales biológicamente activos donde el tipo de microorganismo presente va a depender de la energía que estos contienen. El uso de esta energía por la población microbiana es en si el proceso natural de descomposición. Excepto en casos extremos de frío, pH, falta de agua y O₂, la descomposición microbiana de los estiércoles frescos es inevitable. Esta actividad ocasiona la formación de subproductos que son los nutrientes que luego van a ser utilizados por las plantas (Sollins *et al.*, 1984)

Existe un importante aspecto de salud relacionado a la aplicación de estiércoles frescos con fines de fertilidad, el cual está dado por la incidencia de enfermedades en los seres humanos, que son producidas por los microorganismos patógenos que pueden contener las EA, por lo que la determinación de su calidad microbiológica es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública. Un alto número de patógenos presentes en la excreta es un indicador de alto riesgo de contaminación, tanto de los alimentos como de las aguas de riego y de consumo humano (Mara *et al.*, 2007). Debido a que la detección y cuantificación de microorganismos

patógenos específicos son difíciles, las bacterias coliformes fecales (CF) han sido ampliamente usadas como indicadoras de contaminación de suelos y aguas (Turco, 1994). Numerosos estudios han reportado el transporte vertical y superficial de CF en el suelo luego de ser abonado con estiércoles (Edwards *et al.*, 2000, Walker *et al.*, 1990, Khaleel *et al.*, 1982, Doran y Linn, 1979). Estas bacterias pueden causar fiebre, diarrea, vómitos, náuseas y dolores abdominales en humanos expuestos al contaminarse. De acuerdo a Jorgensen *et al.* (1999), la selección de la dieta que se le suministra al animal puede disminuir el nivel de patógenos en los estiércoles. Estos autores argumentan, que la forma física en que se alimenta a los cerdos puede afectar los niveles de bacterias en el estiércol. Cuando los cerdos son alimentados con alimentos mas finamente granulados la probabilidad de ser positivos para Salmonella es mayor (Buchko *et al.*, 2000). Por otro lado, dada la naturaleza ligeramente compleja del sistema digestivo de los rumiantes, se han observado inconsistencia en la relación entre la alimentación y la presencia de patógenos en las excretas (Hovde *et al.*, 1999). Con el fin de minimizar los riesgos de salud pública por el uso de excretas con fines de fertilización, se planteo como objetivo evaluar la relación entre el tipo de dieta que reciben bovinos, cerdos y aves y la calidad microbiológica de las excretas producidas por estos animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de los estiércoles en base a la dieta de los animales.

Muestras de estiércoles de bovinos, aves y cerdos fueron colectadas en granjas ubicadas en los estados Aragua, Carabobo y Yaracuy, Venezuela. Se registró la información sobre el tipo de sistema de producción, así como del animal, edad, dieta y la disponibilidad de los estiércoles y se seleccionaron estiércoles

provenientes de animales de la misma especie, bajo dos distintos tipos de dieta.

Los tratamientos quedaron definidos por los tres tipos de estiércol: bosta (B), gallinaza (G) y cerdaza (C) y las dos dietas suministradas (D1 y D2), nominadas así para los efectos de esta investigación, sobre la base de las diferencias en tipo y composición dentro de cada especie (Cuadro 1). La combinación de ambos factores arrojó un total de seis tratamientos, los cuales fueron: BD1 (excretas de bovinos alimentados con pasto y residuos de cervecería), BD2, (excretas de bovinos alimentados con sólo forraje), GD1 (excretas de gallinas ponedoras alimentadas con concentrado comercial 1), GD2 (estiércol de pollos de engorde en jaula alimentados con concentrado comercial 2; este sistema de cría es semejante a la de las gallinas ponedoras y sus excretas no contienen restos de otros elementos como virutas, conchas de granos, entre otras), CD1 (estiércol de cerdos de granja comercial alimentados con alimento concentrado) y CD2 (estiércol de cerdos de granja familiar, alimentados con residuos de comida).

Se tomaron cuatro muestras de aproximadamente 2 kg de cada excreta, las cuales fueron colocadas en bolsas de polietileno estériles y transportadas al laboratorio bajo refrigeración (aproximadamente 10°C). Una vez en el laboratorio fueron tamizadas a través de una malla de 4 mm para su homogenización y separación de cualquier cuerpo extraño. Una porción de cada muestra recolectada se conservó en refrigeración a 4°C para posteriores análisis biológicos.

Análisis microbiológico

El recuento de bacterias totales y hongos se realizó utilizando el método de dilución seriada y extensión en placa conteniendo un medio selectivo (agar nutritivo de extracto de carne-pectona para bacterias y agar rosa de bengala para hongos). Los resultados fueron expresados en unidades formadoras de colonias por gramo de materia seca (UFC/g MS).

La determinación de coliformes se realizó según el método del número más probable (NMP) en medio líquido, el cual consistió de una prueba presuntiva que proporcionó una estimación de los coliformes totales y una confirmativa para los coliformes fecales. En la prueba presuntiva se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-8} a partir de una solución madre de

estiércol en solución fisiológica salina (relación 1:10). Se le agregó 1 mL de cada dilución a tubos de ensayo que contenían 9 mL de caldo lauryl-triptosa (pH 6,8) y un tubo Durham invertido. La prueba se consideró positiva por la presencia de gas en el interior de los tubos Durham después de su incubación.

Para la prueba confirmativa se seleccionaron los tubos positivos resultantes de la prueba anterior para inocular tubos que contenían 9 mL de un medio de complejo enzimático (caldo de bilis) y un tubo Durham invertido. El NMP se determinó al llevar el número de tubos positivos presentes en cada dilución a una tabla probabilística. Los datos fueron expresados como número más probable por gramo de materia seca (NMP/g MS).

La actividad microbiana de los EA se determinó midiendo la producción de $C-CO_2$ en 30 g de muestra fresca de los estiércoles vacunos y en 50 g de estiércoles porcinos y de gallinas, incubadas aeróbicamente por aproximadamente 40 días. Las muestras fueron colocadas en frascos de vidrio de boca ancha de 500 mL y después de cerrados se incubaron a 35°C. El CO_2 liberado se midió cada tres días al inicio de la incubación y posteriormente cada siete días en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies, EUA). Después de efectuada la lectura, las jarras se dejaron abiertas por aproximadamente 10 min para permitir el equilibrio con la atmósfera.

Análisis estadístico

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados usando el PROC GLM de SAS (SAS, 2002). Para la separación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de mínima diferencia significativa, establecida a $P < 0,05$. Con la finalidad de definir la calidad de las EA, se realizó un análisis de componentes principales y de agrupamiento de las mismas en base a las variables estudiadas, utilizando la distancia euclidiana promedio con el programa Infostat (2002) con variables estandarizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bacterias y hongos

Los valores promedios de contenido de bacterias totales estuvieron en el orden de $5,85 \times 10^8$ a $1,77 \times$

Cuadro 1. Procedencia de los estiércoles vacuno (bosta), porcino (cerdaza) y gallina (gallinaza) seleccionados, sistemas de producción y dietas (D1 y D2) suministradas a los animales.

Estiércol	Procedencia	Sistema de producción	Dieta
Bosta	Finca Rancho Alegre, ubicada en el municipio San Felipe, estado Yaracuy	Vacunos de producción tradicional de leche	D1: Residuos de cervecerías (derivados de la cebada) y suplementos minerales. Pasto durante la noche
		Vacunos de producción extensiva de carne	D2: Exclusivamente pasto
Cerdaza	Granja porcina en Mariara, estado Aragua	Porcinos de producción intensiva de carne	D1: Fórmula comercial que contiene los siguientes ingredientes: maíz y/o trigo y/o sorgo, subproductos de trigo y/o maíz, harinas de ajonjolí y/o soya y/o pescado y/o algodón y/o plumas y/o carne y/o grasa animal y/o vegetal, vitaminas y minerales, carbonato y/o fosfato de calcio, sal, sulfato de cobre y de hierro, ácido arsenílico y antibióticos
	Granja familiar ubicada en Valencia, estado Carabobo	Porcinos de producción tradicional de carne	D2: Desperdicios de comida de comedores escolares, bagazo de caña, frutos de calabaza y otras verduras producidas en la misma granja
Gallinaza	Granja avícola del CENIAP-INIA en Maracay, estado Aragua	Gallinas ponedoras criadas en jaulas (producción intensiva)	D1: Fórmula comercial que posee la siguiente composición porcentual: 12,5 % máximo de humedad, 16,0 % mínimo de proteína cruda, 3,5 % mínimo de grasa cruda, 4,5 % máximo de fibra cruda, 4,2 % máximo de Ca, 0,45 % mínimo de P y 48,5 % mínimo de extracto libre de N
		Pollos de engorde criados en jaulas (producción intensiva)	D2: Fórmula comercial que posee la siguiente composición porcentual: 12,5 % máximo de humedad, 19,0 % mínimo de proteína cruda, 2,5 % mínimo de grasa cruda, 4,0 % máximo de fibra cruda, 1,1 % máximo de Ca, 0,5 % mínimo de P y 54,5 % mínimo de extracto libre de N

10^{10} UFC/g MS. Estos valores siguieron el siguiente orden: B-D1 > BD2 > GD1 > GD2 > CD2 > CD1. Sin embargo, no se encontró efecto significativo ($P < 0,05$) de las dietas sobre el número bacterias en los EA estudiados, con la excepción de la gallinaza, donde el número de bacterias para D1 fue superior ($P < 0,05$) a D2 (Figura 1).

Con respecto a la abundancia de los hongos totales, la misma varió entre $2,17 \times 10^5$ a $5,13 \times 10^6$ UFC/g MS (Figura 2) y fue mayor en la gallinaza en comparación con el resto de las EA. Cuando comparamos las dietas se observó una diferencia significativa sólo en la

cerdaza, donde la dieta D1 resultó en un número de hongos superior al de la dieta D2.

Estos resultados indican que no existe un patrón de comportamiento similar de contenido de bacterias y hongos totales en los tratamientos. En general, la abundancia de bacterias fue mayor a la de hongos, siendo más marcada en el estiércol vacuno, el cual presentó mayor abundancia de bacterias, pero menor abundancia de hongos que el resto de los EA. La mayor abundancia de bacterias posiblemente se debió a la naturaleza misma de la fisiología digestiva de los vacunos, donde a nivel del ciego y colon ocurren procesos fermentativos importantes y se sintetizan

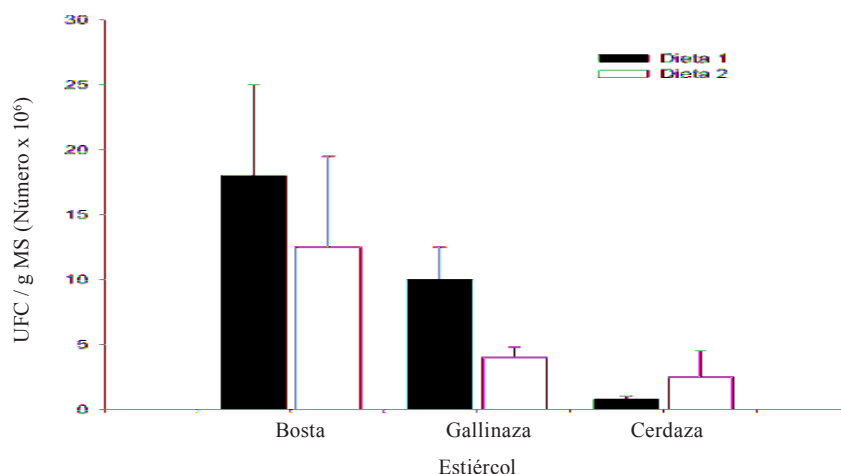


Figura 1. Bacterias totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos ($P<0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

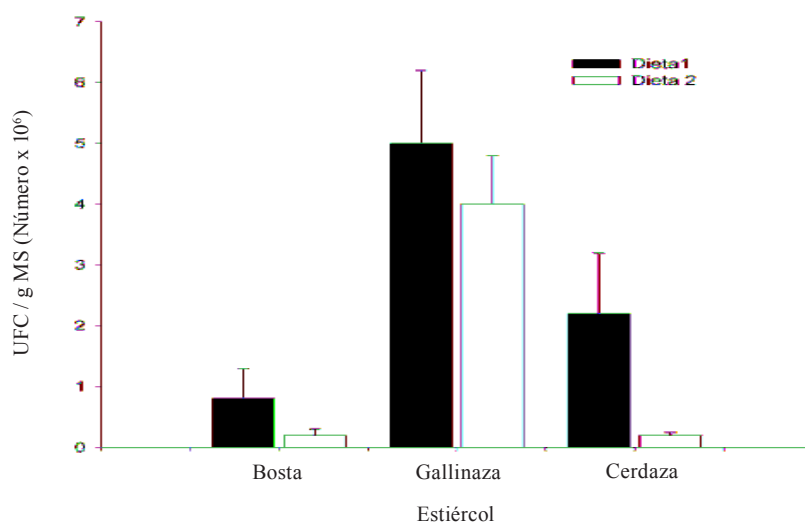


Figura 2. Hongos totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras distintas dentro indican diferencias entre los tratamientos ($P<0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

microorganismos que no son utilizados por el huésped, sino que son expulsados con las excretas (Church, 1988). Por otra parte, la relativa baja presencia de hongos aerobios puede relacionarse con la escasa representación de estos en la comunidad microbiana del rumen, en donde es probable que ocurran más los de tipo anaeróbicos (Obispo y Dehority, 1990).

La cantidad de C-CO₂ acumulado producto del proceso de mineralización durante un período de 35 días por parte de los microorganismos presentes en los

EA, nos muestra como la bosta en ambas dietas provocó un incremento de la respiración en comparación con el resto de los EA (Figura 3), además, el tipo de dieta tuvo un efecto significativo. La alimentación suministrada al ganado vacuno basada en pastos combinados con residuos derivados de cebada y suplementos minerales (D1), proporciono el estiércol con mayor contenido de compuestos carbonados fácilmente mineralizables comparada con D2. Esta respuesta parece estar relacionada a la condición fisiológica de esta especie, donde la degradación

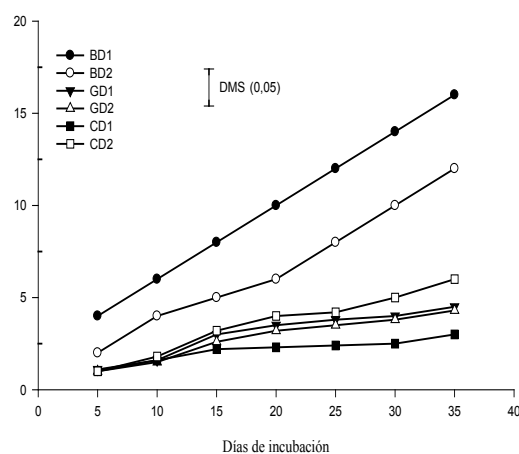


Figura 3. Actividad microbiana (n=8) durante 35 días de incubación de estiércol vacuno (B), gallinaza (G) y cerdaza (C) con dos tipos de dieta (D1 y D2). La línea vertical indica diferencia mínima significativa a $P<0.05$.

del alimento es compartamental y los carbohidratos más recalcitrantes (fibra) que se ingieren en grandes volúmenes, se digieren sólo parcialmente a lo largo del tracto gastrointestinal (Van Soest, 1994). Esta característica presentada por EA1 es indicativa que es un material menos estable como abono orgánico comparado con EA2 (Burbano, 2001).

Coliformes totales y fecales

La abundancia promedio de coliformes totales y fecales estuvo comprendida entre $3,23 \times 10^6$ a $8,89 \times 10^7$ y entre $2,33 \times 10^6$ a $7,96 \times 10^7$ NMP/g MS, respectivamente (Figuras 4 y 5). Esta abundancia fue mayor ($P<0,05$) para la cerdaza al compararlo con el resto de las EA. Cuando comparamos el tipo de dieta proporcionada a los animales, los valores de coliformes totales resultaron similares con la excepción de la gallinaza en donde los valores de D1 fueron mayores en aproximadamente un 60% con respecto a los de D2.

Los coliformes fecales siguieron el orden: $CD2>CD1>GD1>GD2=BD1=BD2$. El efecto de las dietas fue significativo sólo en la cerdaza con valores de 8×10^7 NMP/g MS para CD2 y 2×10^7 NMP/g MS para CD1. Esta tendencia podría ser explicada tomando en cuenta el tipo de sistema de producción o explotación a la cual se encontraban sujetos los

animales (Cuadro 1). En el sistema de producción tradicional, las condiciones sanitarias del criadero eran muy precarias, pudiéndose destacar en los pisos del criadero abundante excretas en avanzado estado de descomposición y en contacto con las de recién deposición. Esto pudo haber ocasionado cargas estables de coliformes fecales (Rodríguez, 2002) en las excretas recolectadas para este estudio. Oliva *et al.* (2004) señalaron un promedio en el contenido de coliformes fecales en cerdaza de 1×10^7 NMP/g MS, el cual fue mayor al encontrado en este estudio con la dieta D2, y casi el doble al encontrado con la dieta D1.

En el caso de la gallinaza, el contenido promedio de coliformes fecales fue de aproximadamente 6×10^6 NMP/g MS, valor mucho menor al reportado por Palacios (2005) de $3,5 \times 10^8$ NMP/g MS.

Relaciones entre el tipo de dieta del animal y la calidad del estiércol como fertilizante

El contenido de bacterias y hongos de los EA es determinante en la valoración de su calidad. Se ha demostrado que la calidad del residuo orgánico a utilizar como fertilizante es baja cuando contiene mayor carga microbiana, como es el caso de la bosta. Esto se debe a que los microorganismos inmovilizan y ayudan a retener el N en el suelo, trayendo como

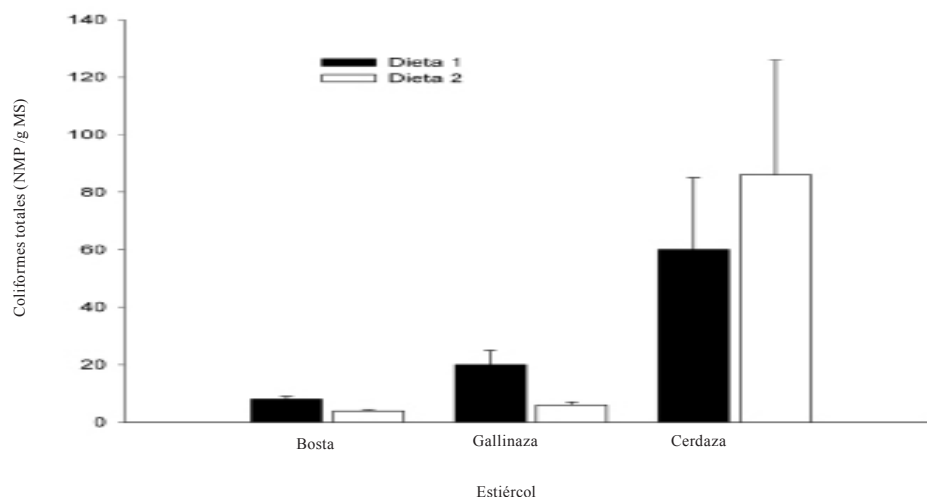


Figura 4. Coliformes totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

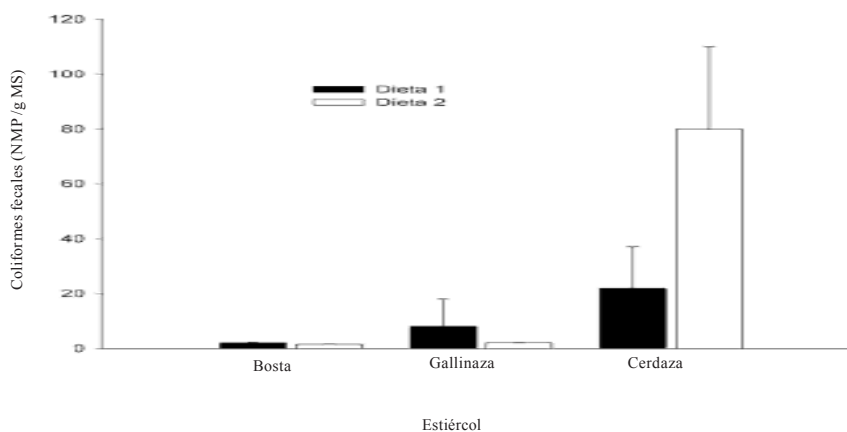


Figura 5. Coliformes fecales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

consecuencia la disminución de la eficiencia de asimilación de este elemento por las plantas (Oliva et al., 2004). Sin embargo, una alta carga microbiana es deseable cuando el material que se está aplicando al suelo contiene diferentes fracciones de C. Estas fracciones definen la velocidad de mineralización del material que se está aplicando al suelo (Espinoza, 2004). Se han definido la presencia de tres fracciones

orgánicas en los estiércoles. Una primera fracción que se descompone rápidamente, y representa aproximadamente 10% del C total. La segunda es una fracción que se mineraliza el primer año de aplicación y representa 46%. La fracción restante se descompone lentamente y por lo general, las formas de C más complejas, son descompuestas por los hongos (Sluijsmans y Kolenbrander, 1977).

Por otra parte, Fauci y Dick (1994) y Hadas *et al.* (1995) demostraron que el manejo de suelo con abonos orgánicos incrementó la biomasa microbiana y su actividad, así como, un aumento de la tasa de mineralización (Espinoza, 1997), lo que implica, una mayor liberación de nutrientes para el crecimiento de las plantas. La predominancia de la mineralización sobre la inmovilización o viceversa, va a depender de la relación C:N de cada estiércol (Espinoza, 1997; Espinoza *et al.*, 2007). Al incrementar la actividad de los microorganismos, se incorpora a su biomasa el N mineral disponible para cubrir sus necesidades, y en el caso de BD1 y BD2, provocó una fuerte inmovilización del nitrógeno (datos no mostrados). Esto se traduciría a nivel de campo en una falta de nitrógeno para el cultivo. Nosotros especulamos que una vez que la actividad microbiana se estabilice debido al agotamiento de los productos fácilmente metabolizables, el número de microorganismos disminuiría, remineralizándose el nitrógeno.

De acuerdo a la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA, 1999), los productos orgánicos a ser utilizados como fertilizantes deben contener una cantidad de coliformes fecales menores a 1.000 NMP/g MS para ser distribuidos o vendidos para su uso en cultivos de consumo directo (productos clase A) y los que califican como clase B con valores de coliformes fecales menores a 2×10^6 NMP/g son restringidos a suelos de sitios apartados, donde existan restricciones de acceso al público. Estos últimos, generalmente son usados con fines de recuperar suelos, plantaciones forestales, en cultivos que no se consuman directamente o en la cobertura de rellenos sanitarios.

El contenido de coliformes fecales determinado en todas las EA fue superior a los máximos permitidos según las especificaciones ya indicadas. La aplicación de las EA frescas como fertilizante traería como consecuencia la contaminación biológica de los cultivos, el suelo y el ambiente animal. Estos resultados sugieren que los EA deben ser tratados previamente antes de su utilización como abonos, para reducir el contenido de coliformes de estos, sobre todo en la cerdaza. Se ha demostrado que el compostaje de los EA es un método efectivo para eliminar bacterias coliformes fecales, así como para disminuir la sobrevivencia de hongos y bacterias (Oliva *et al.*, 2004).

Evaluación general de la calidad

La reducción de las variables a principales componentes en base a las similitudes, permitió la visualización de dos componentes que explicaron el 93% de la variabilidad observada. El primer componente, CP1 (Figura 6), separó a las variables bacterias totales y mineralización del contenido de coliformes totales y fecales, por lo tanto la mayor variabilidad entre las EA son explicadas con estas variables. La BD1 y BD2 se asociaron con el mayor número de bacterias totales y mineralización. Estos resultados ponen en evidencia que la bosta con ambas dietas puede liberar nutrientes al suelo a través del proceso de mineralización. Este es un aspecto importante a considerar, si el destino del abono orgánico animal es con fines de fertilidad, ya que parte de estos nutrientes pueden estar disponibles a los pocos meses, así como años después de su aplicación al suelo. Por otra parte, estas excretas mostraron la menor potencialidad de daños a la salud pública.

Las CD1 y CD2 se asociaron con el altísimo contenido de coliformes totales y fecales, lo que manifiesta la probabilidad de contaminación de algún patógeno, siendo este riesgo mayor para las CD2, donde la asociación es más estrecha. Esta diferencia entre dietas, parece estar relacionada con el sistema de producción. En el segundo componente se separan a los hongos totales del resto de las variables estudiadas, asociando estos a las gallinazas.

Con el objetivo de hacer una agrupación de los EA se realizó una clasificación jerárquica ascendente (Figura 7). Los grupos formados en base a su similitud en cuanto las variables estudiadas, utilizando la distancia euclidiana promedio fueron tres. Grupo I: BD1 y BD2, Grupo II: GD1, GD2 y CD1 y Grupo III: CD2. El grupo I contiene los estiércoles menos estables, ya están asociados con el alto número de bacterias y actividad de los microorganismos, ocasionando la incorporación del N mineral a su biomasa, lo que provoca una inmovilización del N. El grupo II manifiesta una mayor estabilidad como abono orgánico, lo que implica menor posibilidad de inmovilizar N, pero con mayor riesgo de salud pública debido a la carga de coliformes fecales. El grupo III presenta altísimo riesgo de salud pública, lo cual lo elimina como posibilidad de ser utilizado como fertilizante.

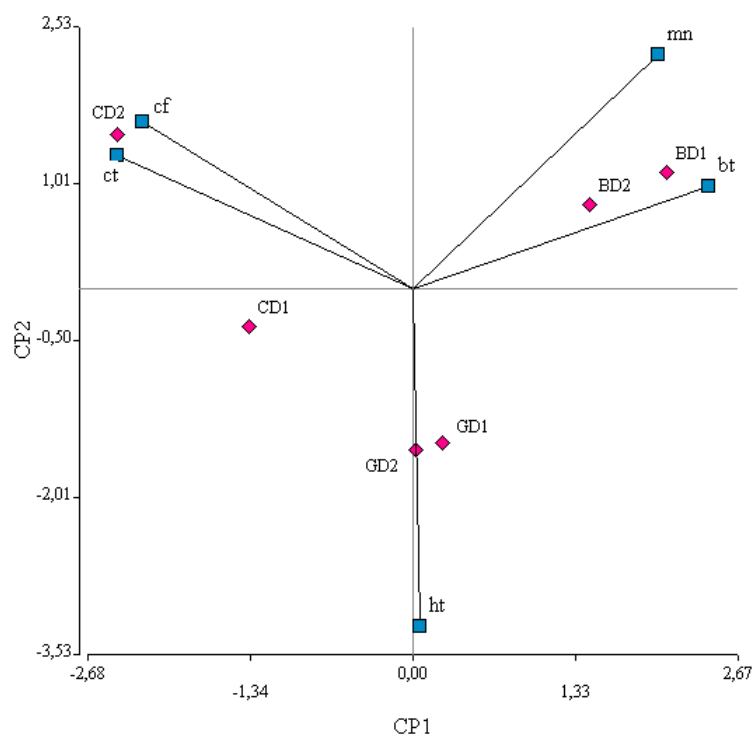


Figura 6. Distribución de los estiércoles animales (EA) en los ejes coordenadas de los componentes principales 1 y 2., donde BD1, BD2, CD1, CD2 y GD1 y GD2, representan los estiércoles de bovinos, aves y cerdos en las diferentes dietas estudiadas.

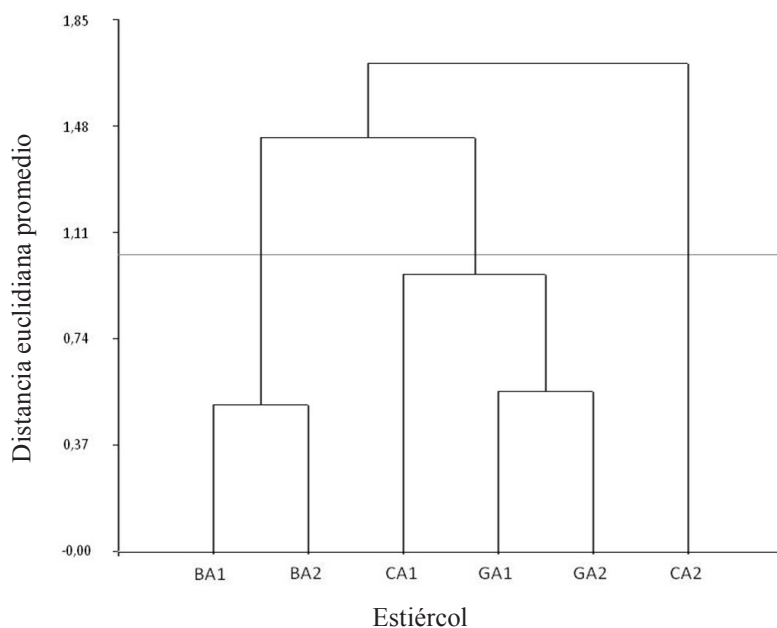


Figura 7. Dendrograma de agrupamientos de los EA por similitud, en base a la distancia Euclidiana promedio en base a cinco variables de estudio.

CONCLUSIONES

No se observó un patrón determinante entre el tipo de dieta y la carga microbiana total (bacterias y hongos) de las excretas de bovinos, aves y cerdos.

El sistema de manejo de las excretas en las granjas porcinas influyó significativamente sobre la calidad sanitaria de las mismas, particularmente en relación a la carga en coliformes fecales. En general, los coliformes fecales en las excretas estudiadas tendieron a ser más abundantes en la cerdaza, con valores intermedios en la gallinaza y muy inferiores en la bosta. Este tipo de patrón estuvo en correspondencias con el de los coliformes totales.

El estiércol proveniente del ganado vacuno, aunque mostró una menor condición como fertilizante, fue el que presentó la posibilidad de menor riesgo desde el punto de vista de la salud pública. Por el contrario, los estiércoles de cerdo y aves se presentaron con un alto potencial de riesgo para la salud por relacionarse con altas cargas de microorganismos fecales, lo que pudiera incrementar la incidencia de patógenos en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Burbano H. 2001. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. *En* Mojica F. (Ed.) Fertilidad de Suelos. Diagnostico y Control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2^{da} ed. Bogotá, Colombia. pp. 197-217.
- Buchko S.J., R.A. Holley, W.O. Olson, V.P. Gannon y D.M. Veira. 2000. The effect of different grain diets on fecal shedding of *Escherichia coli* O157:H7 by steers. *J. Food Prot.*, 63: 1467-1474.
- Church D.C. 1988. The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, EUA.
- Doran J.W. y D.M. Linn. 1979. Bacteriological quality of runoff water from pastureland. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37: 985-991.
- Edwards D.R., B.T. Larson y 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.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1999. Standards for the use or disposal of sewage sludge. 40 CRF part 503. Biosolids Rule. Washington, EUA.
- Espinoza Y. 1997. Availability of nitrogen to corn after five years of manure and fertilizer application under tillage and no-tillage system. Tesis Maestría. Kansas State University. Manhattan, EUA.
- Espinoza Y. 2001. Calidad de la material orgánico bajo diferentes prácticas de manejo de un suelo ácido tropical. *Rev. Fac. Agron. LUZ*, 21: 126-140.
- Espinoza Y., J.L. Gil y N.E. Obispo 2007. Uso de estiércoles y siembra directa para incrementar la productividad de *Brachiaria humidicola*. XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, Sección Pastos y forrajes, Resumen Completo No. 10. Cusco, Perú
- Fauci M.F. y R.P. Dick. 1994. Soil microbial dynamics: short-and long-term effect of inorganic and organic nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 801-806.
- Hadas A., L. Kaustsky y R. Portnoy. 1995. Mineralization of composted manure and microbial dynamic in soil as affected by long-term nitrogen management. *Soil Biol. Biochem.*, 28: 733-738.
- Hovde C.J., P.R. Austin, K.A. Cloud, C.J. Williams y C.W. Hunt. 1999. Effect of cattle diet on *Escherichia coli* O157:H7 acid resistance. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65: 3233-3235.
- Infostat. 2002. InfoStat. Manual del Usuario. Ver. 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Jorgensen L., J. Dahl y A. Wingstrand. 1999. The effect of feeding pellets, meal, and heat treatment on the *Salmonella*-prevalence in finishing pigs. *Proc. 3rd Int. Symp. Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*. Washington, D.C. pp. 308-312.
- Khaleel R., K.R. Reddy y M.R. Overcash. 1982. Transport of potential pollutants in runoff water from areas receiving animal waste: a review. *Water Res.*, 14: 421-436.

- Mara D.D., P.A. Sleight, U.J. Blumenthal y R.M. Carr. 2007. Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. *J. Water Health*, 50: 39-50.
- Obispo N.E. y B.A. Dehority. 1990. A most probable number method for enumeration of rumen fungi with studies on factors affecting their concentrations in the rumen. *J. Microbiol. Met.*, 16: 259-270.
- Oliva M., Velasco D., Ventura L., Ballinas E., Salvador M. y Gutiérrez F. 2004. Estudios de eliminación de microorganismos patógenos de residuales porcinos en un biorreactor con tiempo de retención corto. *Rev. Comp. Prod. Porcina*, 2(Supl. 1): http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/revista11_01_2004/oliva.htm [abril 10, 2008].
- Palacios O. 2005. Evaluación de un sistema discontinuo de biodigestión anaerobia para el tratamiento de desechos avícolas. *Rev. Fac. Ing. UCV*, 20: 105-112.
- Rodríguez C. 2002. Residuos ganaderos. VET-UY. Disponible en línea en <http://www.vet-uy.com/articulos/agricultura/050/0009/agri009.htm>. [Consulta: 2007, julio 1].
- Sollins P., G. Spycher y C.A. Glassman. 1984. Net nitrogen mineralization from light and heavy fraction soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 16: 31-37.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, EUA.
- Sluijsmans C. y G. Kolenbrander. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen I soils. *Proc. Inter. Seminar on Soil environment and Fertility Management on Intensive Agriculture*. Tokyo, Japon. pp. 403-411.
- Turco R.F. 1994. Coliform bacteria. *En* Weaver R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai y A. Wollum (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison, EUA. pp. 145-158.
- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional Ecology of Ruminant*. 2^{da} ed. Cornell University Press. Ithaca, EUA.
- Walker S.E., S. Mostaghimi, T. A. Dillaha y 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.