

Uso de fermentado anaeróbico de excretas porcinas sobre los parámetros productivos y económico de novillas añojas

José Carvajal

Abstract

The pork industry generates lots of excreta, which usually become pollutants in surface and ground water, forcing the search for alternatives to decrease their environmental impact. The use of diets made from fermented swine manure as a food supplement in yearlings heifers were evaluated. The study lasted 90 days and was organized in a completely randomized design, with four treatments and four replicates. The treatments were: 0, 25, 50 and 75% inclusion of fermented diets. For statistical analysis, an analysis of variance ($P \leq 0.05$) was performed and the mean separation Tukey's test was used. A partial budget economic analysis was performed to determine the diet of higher net profit. No significant differences among treatments for the variable final body weight, total weight gain, daily weight gain and feed conversion were showed. An average daily gain of 1015.54 grams and average conversion rate of 3.99 kg was observed. Diet supplementation with 75% inclusion of fermented swine manure with less variable production cost (RD \$ 28.16kg⁻¹) and higher net profit (RD \$ 43.84kg⁻¹) than the other treatments studied. The yearlings heifers accept and assimilate favorably a 75% inclusion in the diet of fermented swine manure, positively affecting production and economic parameters.

Keywords: Byproduct, swine manure, fermented manure, solid state.

Resumen

La industria porcina genera gran cantidad de excretas, que por lo general se convierten en contaminantes de las aguas superficiales y subterráneas, esto obliga la búsqueda de alternativas de aprovechamiento sostenible y que disminuyan su impacto sobre el medio ambiente. Se evaluó el uso de dietas elaboradas a partir del fermentado de cerdaza con pollinaza como suplemento alimenticio en novillas añojas. El estudio tuvo una duración de 90 días y se realizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: 0, 25, 50 y 75% de inclusión del fermentado en las dietas. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y para la separación de medias se utilizó el test de Tukey. Para el análisis económico se realizó un presupuesto parcial para determinar la dieta de mayor beneficio neto. No se encontró diferencias significativas entre tratamientos para las variables peso corporal final, ganancia de peso total, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia. Se observó una ganancia diaria media de 1,015.54 gramos y un índice de conversión medio de 3.99 kilogramos. La suplementación con dieta de 75% de inclusión de cerdaza con pollinaza resultó con menor costo variable de producción (RD\$ 28.16kg⁻¹) y mayor beneficio neto (RD\$ 43.84kg⁻¹) que los demás tratamientos estudiados. Las novillas añojas aceptan y asimilan favorablemente hasta 75% de inclusión en la dieta de fermentado de cerdaza con pollinaza, afectando positivamente los parámetros productivos y económicos.

Palabras clave: Subproducto, cerdaza, fermentado, purín, estado sólido.

INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana la ganadería se caracteriza por el uso extensivo y semi-intensivo de los recursos forrajeros. Los pastos y forrajes son base de la alimentación en los sistemas de producción bovina de las áreas tropicales (González y Rodríguez 2003 y Garmendia 1998). Sin embargo, estos presentan deficiencias nutricionales tales como: baja digestibilidad de la materia seca y reducido contenido de proteína (Garcés y Canudas 2000 y Enríquez *et al.* 1999), lo cual limita la actividad microbiana en el rumen así como la producción de carne y leche (Vera y Seré 1985).

Una alternativa para mejorar la disponibilidad de fuentes proteicas en los sistemas de producción animal, es el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y de cosecha que se generan, los cuales pueden ser mejorados a través de fermentación anaeróbica. La fermentación es un proceso biotecnológico que permite conservar y mejorar la calidad de una gran diversidad de alimentos perecederos que de otro modo se perderían.

¹ Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), km. 24 Autopista Duarte. Municipio de Pedro Brand, Santo Domingo Oeste, República Dominicana. Teléfonos: (809) 559-8763; (809) 877-3659. Fax: (809) 559-7792. Email: jcarvajal@idiaf.gov.do y bienvenidocarvajal@gmail.com .

Los procesos fermentativos se pueden dividir en fermentación líquida sumergida (FLS) y fermentación en estado sólido (FES). La diferencia entre estos dos procesos biológicos, es la cantidad de líquido libre en el sustrato. En la FLS la cantidad de sustancia sólida poca veces llega a ser mayor de 50 g/L y en la FES el contenido de sólido varía entre 20 y 70% del peso total (Ramos 2005). La fermentación en estado sólido se define como un proceso en el cual se desarrollan microorganismos en materiales sólidos húmedos, por supuesto que quedan incluidos los materiales naturales o sintéticos que actúan sólo como soportes, y que están impregnados en una solución que contiene las sustancias nutritivas (Julián y Ramos 2007).

La fermentación en estado sólido ha sido utilizada ampliamente en el reciclaje de materiales voluminosos a través de tecnologías sencillas, logrando incrementar los valores proteicos, mejorando el balance de aminoácidos y la digestibilidad de las materias primas empleadas (Rodríguez *et al.* 2001).

Se ha comprobado que el proceso de fermentación sólida usando el hongo *Aspergillus niger*, reduce significativamente los niveles de cafeína, polifenoles y fibra, a la vez que aumenta su contenido de proteínas verdaderas en pulpa de café (Peñaloza *et al.* 1985).

Uno de los principales problemas de la industria porcina es la alta generación de excretas, lo cual constituye un obstáculo para su futuro desarrollo. Basadas en el número de cabezas de cerdos existentes en República Dominicana, la producción de excretas se estima en un millón de toneladas por año (Ortega 2009); siendo su destino final suelos agrícolas y aguas residuales que contaminan las fuentes acuíferas, afectando principalmente la disponibilidad de agua apta para consumo humano. Otros elementos contaminantes de importancia son los olores causados por el amonio, sulfuro de hidrogeno, metano y bióxido de carbono contenidos en las excretas (Mariscal 2007).

Las excretas porcinas se han manejado tradicionalmente a través de sistemas de fosa, campo abierto o desagües naturales, donde se convierten en contaminantes por la alta cantidad de nitrógeno, fósforo y otros ingredientes contenidos en las heces y orina. Lo que obliga a la búsqueda de mejores alternativas para su disposición apropiada (Tisdale *et al.* 1993).

Estudios realizados con el uso de excretas porcinas en alimentación animal han demostrado que esta constituye una alternativa técnica y económicamente viable, para mitigar la contaminación ambiental que estas provocan. En estas investigaciones se registran ganancias de pesos en toretes en finalización alimentados con estiércol fresco de cerdos en niveles de 25 a 55% mezclado con melaza, rastrojos de maíz y pata de sorgo

desde 0.77 a 1.16 kilogramos por día (Ernestina 2001; García *et al.* 1997; Solorio 1993; Velázquez y Gutiérrez 1992; Partida y Gutiérrez 1991 y Gutiérrez y Peña 1990).

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de dietas elaboradas a partir de fermentado en estado sólido de cerdaza con pollinaza como suplemento alimentación de novillas añojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Producción Animal del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), ubicado en el kilómetro 24 de la Autopista Duarte, Pedro Brand, Santo Domingo Oeste, República Dominicana. Ecológicamente se encuentra en la zona de vida de sabana, con un pH del suelo entre 5.4 a 5.9. Geográficamente se localiza en la latitud de 18° 34' N longitud de 70° 05' O y una altitud de 90 metros sobre el nivel medio del mar. Con temperatura media anual de 25°C y precipitación promedio de 1,800 mm por año.

El estudio tuvo una duración de 90 días y se utilizaron 16 novillas mestizas con un peso inicial promedio de 230.81±32.85 kilogramos. Las unidades experimentales estuvieron compuestas por un animal, Figura 1. Los animales se distribuyeron según su peso. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.



Figura 1. Novillas utilizadas en el ensayo de alimentación con diferentes niveles de inclusión de fermentado de cerdaza con pollinaza.

El fermentado que se utilizó en el experimento se elaboró a partir de una mezcla de 70% de cerdaza y 30% de pollinaza, en adición a esto se incluyó un 10% de un inóculo a base lactobacilos, Tabla 1. Según Arias (2010), el inóculo de lactobacilos (Vitafert) es un producto que se obtiene por fermentación, en estado líquido, de una mezcla urea, sales minerales y otros sustratos ricos en

bacterias lácticas y levaduras, Tabla 2. El fermentado se elaboró en tanques plásticos de 55 galones, Figura 2.

La cerdaza que se utilizó en el estudio se recolectó con un separador de sólido diseñado por investigadores del IDIAF construido en acero inoxidable, Figura 3. La excreta se recolectaba cada dos días y se dejaba tres días en un secadero tipo cacao para disminuirle la humedad, Figura 4. Luego se preparó el inóculo y se utilizó entre 24 y 48 horas después de elaborado, para permitir la multiplicación en crecimiento de los lactobacilos, Figura 5 y finalmente se realiza la mezcla de la cerdaza con la pollinaza y el inóculo, y se deja fermentar por más de 21 día en los tanques plásticos, Figuras 6.

Los tratamientos utilizados consistieron en cuatro dietas, con diferentes niveles de inclusión de fermentado a base de cerdaza con pollinaza de 0, 25, 50 y 75% en base seca, Tabla 3, como se describen a continuación:

T00 = testigo, dieta a base de ingredientes tradicionales con 0% de inclusión de fermentado.

T25 = dieta con 25% de inclusión de fermentado

T50 = dieta con 50% de inclusión de fermentado

T75 = dieta con 75% de inclusión de fermentado

Los animales al inicio del estudio se identificaron mediante el sistema de aretes para un mejor manejo del experimento. Además, fueron pesados, desparasitados y vitaminados, sometidos a un período de adaptación al consumo de las dietas por siete días. El alimento se suministró *ad libitum* y con libre acceso al pasto en pastoreo.



Figura 2. Uso de tanques plásticos como microsilos para fermentar cerdaza con pollinaza.

Tabla 1: Características bromatológica del fermentado de cerdaza y pollinaza utilizado en el estudio

Categoría	Valores obtenidos, %
Materia seca	65.00
Proteína cruda	13.69
Grasa cruda	2.78
Fibra cruda	14.38
Ceniza	20.74
Calcio	1.92
Fósforo	0.88

Fuente: Laboratorio Junta Agroempresarial Dominicana, JAD (2012)

Tabla 2: Composición de la mezcla para la obtención del inóculo (Vitafert)

Componentes	Composición (%)
Pasta de arroz	3.92
Harina de soya	3.92
Minerales de vaca	0.49
Urea	0.39
Sulfato de amonio	0.29
Melaza de caña	14.71
Agua	74.31
Yogurt	1.96
Total	100.00

Fuente: Arias 2010.



Figura 3. Separador de sólido diseñado por Carvajal, J.B. (No publicado).



Figura 4. Recolección de excreta porcina puesta en un secadero tipo cacao para disminuirle la humedad



Figura 5. Preparación del inóculo a base de lactobacilos del yogurt



Figura 6. Preparación del fermentado de cerdaza con pollinaza e inóculo a base de lactobacilos

Tabla 3: Composición de las dietas experimentales

Ingredientes	Porcentaje de inclusión de cerdaza con pollinaza			
	T00	T25	T50	T75
Harina de Maíz	7.33	-	-	-
Harina de Soya	13.75	8.54	8.78	9.34
Cebo	6.00	3.39	3.96	4.52
Fermentado ¹	-	25.00	50.00	75.00
Afrecho de Trigo	30.00	30.00	20.00	6.67
Pasta de Arroz	30.00	27.13	12.29	-
Fosfato Monod	3.78	3.10	3.48	3.82
Prem VI/MI	0.20	0.20	0.20	0.20
Carbonato Calcio	8.49	2.19	0.84	-
Sal	0.45	0.45	0.45	0.45

¹Fermentado de cerdaza con pollinaza utilizado en base seca

Tabla 4. Parámetros productivos en novillas añojas como respuesta a la inclusión de diferentes niveles de fermentados a base de cerdaza con pollinaza

Parámetros productivos	T00	T25	T50	T75
Peso inicial, kg	228.25	232.50	235.00	227.50 ^{ns}
Peso corporal final, kg	325.27	324.19	319.78	318.12 ^{ns}
Ganancia media diaria, g	1055.88	1044.47	990.59	971.23 ^{ns}
Aumento de peso, kg	95.06	93.38	88.97	87.31 ^{ns}
Consumo total, kg	376.83 ^a	375.21 ^b	370.36 ^c	330.08 ^d
Consumo diario, kg	4.19 ^a	4.17 ^b	4.12 ^c	3.67 ^d
Conversión alimenticia, kg kg ⁻¹	3.90	4.05	4.22	3.79 ^{ns}

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Tabla 5. Análisis económico de los parámetros productivos obtenidos en novillas en crecimiento como respuesta a la inclusión de diferentes niveles de fermentados a base de cerdaza y pollinaza

Datos Económicos	T1	T2	T3	T4
Costo alimento, RD\$ kg ⁻¹	13.30	10.63	9.09	7.43
Consumo diario, kg	4.19	4.17	4.12	3.67
Tiempo de estudio, días	90.00	90.00	90.00	90.00
Conversión alimenticia, kg kg ⁻¹	3.90	4.05	4.22	3.79
Costos que varían, RD\$ kg ⁻¹	51.87	43.05	38.36	28.16
Beneficio bruto, RD\$ kg ⁻¹	72.00	72.00	72.00	72.00
Beneficios netos, RD\$ kg ⁻¹	20.13	28.95	33.64	43.84

Diariamente se registró el consumo del suplemento, pesando la cantidad ofrecida menos la rechazada. Cada 30 días se pesaron los animales en ayuno.

Las variables estudiadas fueron: peso corporal final, kg; ganancia media diaria de peso, g; aumento de peso total, kg; consumo de alimento total, kg; consumo diario, kg; conversión alimenticia, kg kg⁻¹; costo del alimento total, RD\$ kg⁻¹; consumo diario de alimento, kg; costos variables, RD\$ kg⁻¹ y beneficios netos, RD\$ kg⁻¹.

Análisis de los datos

En los datos se comprobaron los supuestos de distribución normal del error (QQ plot) y varianzas homogéneas de los tratamientos.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias entre los tratamientos. En los casos con diferencias significativas se realizó separación de medias con la prueba de test de Tukey. El peso inicial de los animales se utilizó como covarianza. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa computarizado de sistema de análisis estadístico InfoStat Versión, 2008 (Di Rienzo 2008). Se realizó un estudio económico de cada tratamiento mediante un análisis de presupuestos Parciales (Reyes 2001), utilizando los costos de producción que varían en base a los precios de los insumos alimenticios usados en el experimento para determinar los beneficios netos de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables peso corporal final, aumento de peso total, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia los resultados muestran que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$), Tabla 4. Estos datos indican que la inclusión de fermentado de cerdaza con pollinaza hasta en un 75% no afectaron negativamente los parámetros productivos de los animales. Sin embargo, en cuanto a su capacidad de ingestión se registran diferencias significativas ($p \leq 0.05$), ya que en el consumo de materia seca para el tratamiento sin inclusión de fermentado resultó superior a los demás. Los datos de ganancia diaria de peso coinciden con los obtenidos por varios investigadores como Álvarez y Ernestina 2001; García *et al.* 1997, Solorio 1993; Velázquez y Gutiérrez 1992; Partida y Gutiérrez 1991; Gutiérrez y Peña 1990; y los cuales reportan ganancia entre 770 a 1160 gramos por día.

El análisis económico al que fueron sometidos los parámetros productivos indican que el tratamiento con 75% de inclusión del fermentado a base de cerdaza con pollinaza resultó ser de menor costo que varían de producción y el de mayor beneficio neto, con un costo por kilogramos de peso producido de RD\$24.39 y un beneficio neto por cada kilogramos de peso RD\$23.61, Tabla 5. En cambio, a pesar de obtener pesos corporales y aumentos similares, el tratamiento sin la inclusión de fermentado resultó ser el de mayor costos que varían de

producción y de menor beneficio neto, con un costo de RD\$44.25 por kilogramos de peso producido y un beneficio neto de solo RD\$3.75 por cada kilogramos de peso obtenido. Esto sugiere que las inclusiones de fermentado de cerdaza con pollinaza estudiada es bien aceptada por las novillas añojas. Estos datos obtenidos afirman la factibilidad de reemplazar ingredientes tradicionales como la soya y el maíz por el fermentado de cerdaza con pollinaza en la etapa de crecimiento de novillas.

CONCLUSIONES

1. La utilización de cerdaza fermentada con pollinaza en la alimentación de novillas añojas en crecimiento produce resultados biológicos y económicos positivos, ya que este no afecta negativamente los parámetros productivos de los animales por ser de menos costos produce mayores beneficios económicos.
2. Con la inclusión de 75% de fermentado de cerdaza con pollinaza la utilización de soya y de maíz, se redujeron en un 32.07 y 100%, respectivamente, en la dieta, lo que demuestra la buena calidad para alimentación de novillas del fermentado.
3. En cuanto al consumo de materia seca, el tratamiento sin la inclusión de cerdaza consumió 4.19 kilogramos por día y el tratamiento con 75% consumió 3.67 kilogramo por día.
4. En la conversión de alimento, los tratamientos no presentaron diferencias significativas con una media de 3.99 kg kg⁻¹.
5. El tratamiento de 75% de inclusión produce mayor beneficio neto que el tratamiento a base de productos tradicionales, de RD\$43.84kg⁻¹ y RD\$20.13kg⁻¹ respectivamente.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda la utilización de hasta un 75% de inclusión de cerdaza fermentada con pollinaza en alimentación de novillas añojas. Esto permitiría disminuir la cantidad de cerdaza que se vierte a las aguas, dando lugar a mitigar el impacto que provoca al medio ambiente y a un mejor aprovechamiento económico de este recurso.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Coniaf), por el apoyo financiero para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

Álvarez, S.; Ernestina. 2001. Engorda de toretes a base de estiércol fresco de cerdo y dos fuentes de fibra en una empresa comercial. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) Morelia Michoacán, MX.

Arias, F. 2010. Efecto de los niveles de vitafert y melaza en la pollinaza fermentada aeróbica. Tesis para optar por el título de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. H. Cárdenas, Tabasco, MX.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR.

Enríquez, Q.; Meléndez, N.; Bolaños, A. 1999. Tecnología para la producción y manejos de forrajes tropicales de México. INIFAP – Producción. Libro técnico No.7. División pecuaria. México, DF. 263 p.

Garcés, Y.; Canudas, L. 2000. Potencial de producción de carne en sistemas de pastoreo para el trópico. En: 2° Simposium internacional sobre bovinos de carne. Veracruz, MX.

García, T.; Escobedo, H.; Gutiérrez-Vázquez, E. 1997. Efecto de tres fuentes de fibra en el comportamiento de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacan, MX.

Garmendia, J. 1998. Suplementación estratégica en la reproducción de vacas de doble propósito. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. Centro de transferencia de tecnología en pasto y forraje. La universidad del Zulia. Zulia, VE.

González, G.; Rodríguez, A. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability, and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. A. Dairy Sci. 86: 926-933.

Gutiérrez, V.; Peña, P. 1990. Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz. Investigación y Producción Animal. I Encuentro Interno. Memorias. EMVZ. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacan, MX. Pp 25-27.

Julián R.; Ramos, L. 2007. Fermentación en estado sólido (i). producción de alimento animal tecnología química Vol. XXVII, No. 3, Mackie R. I., Stroot P. G. and Varel V. H. 1998. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. Journal of Animal Science 76:1331-1342.

Mariscal, L. 2007. Tratamiento excretas cerdos. INIFA. (En Línea) Consultado el 1 de febrero 2016. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

Ortega, L. 2009. Cerdaza fermentada para uso potencial en la alimentación animal como alternativa para reducir la contaminación ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Santo Domingo, DO.

Partida, P.; Gutiérrez, V. 1991. Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo (30 y 24.5%), melaza y rastrojo de maíz (con y sin urea). IV Reunión de Nutrición Animal. FMVZ. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. MX. Pp 14-18.

Peñalosa, W.; Molina, M.; Gomez-Brenes, R.; Bressani, R. 1985. Solid-state fermentation: An alternative to improve the nutritive value of coffee pulp. Appl. Environ. Microbiol. 49:388-393.

Ramos, J. 2005. Obtención de un concentrado energético -proteínico por fermentación en estado sólido de la caña de azúcar para bovinos en ceba. Instituto de Ciencia Animal. Departamento de Ciencias Biotecnológicas. La Habana, CU.

Reyes, H. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, GT.

Rodríguez, Z.; Bocourt, R.; Elías, A.; Madera, M. 2001. Dinámica de fermentación de mezcla de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam.). Rev. cubana. Cienc. agric. 35:147.

Solorio, S. 1993. Comportamiento de bovinos alimentados con tres niveles de ECF (35, 45, 55 BS), melaza y rastrojo de maíz. Tesis de Maestría en Ciencia Animal. FMVZ. Universidad Autónoma de Yucatán. MX. P 109.

Tisdale, S.; Nelson, J.; Beaton, D.; Havlin, J. 1993. Soil fertility and Fertilizers, 5ª ed. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. 634p.

Velázquez, M.; Gutiérrez V. 1992. Alimentación de toretes cerdo, melaza y rastrojo de maíz. IV Reunión de Nutrición Animal. FMVZ, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, MX. Pp 19-23.

Vera, R.; Seré, C. 1985. Los sistemas de producción pecuaria extensiva de trópico sudamericano. Análisis comparativo. En: Vera, R. y Seré. (Eds.). Sistemas de producción pecuaria extensiva, Brasil, Colombia y Venezuela. CIAT, Cali, CO. 431p.