

USO DE EXCRETAS EN SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Julio Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas. PO Box 1, Punta Brava. La Habana 19200, Cuba
E-mail: julioly@utafoundation.org

INTRODUCCIÓN

Ya hace veinticinco años, Smith y Wheeler (1979) hicieron énfasis en que los productos de excretas animales que pueden ser reciclados y usados como comida en sistemas que son viables tienen una significación tremenda en la agricultura moderna y perspectiva. En este sentido, estos investigadores de Norteamérica sugerían que los animales rumiantes podían desempeñar un papel determinante en estos sistemas, al poder usar estos materiales que consideraban de baja calidad, por su habilidad inigualable para usar nitrógeno no proteico y celulosa, que son precisamente dos de los componentes importantes en estas excretas. No obstante, en cualquier especie animal debe tenerse en cuenta que el componente mineral de estos materiales no puede soslayarse. Por otra parte, Müller (1984) ha hecho énfasis en que la estrategia que subyace en el uso de las excretas como alimento animal radica en el abaratamiento del costo de producción, fundamentalmente en la ganadería comercial, debido a que entre el 60 y el 90% del costo total de producción lo constituye el costo de alimentación.

Valdría la pena entender qué son las excretas de animales. En el sentido más amplio, las excretas animales pueden considerarse el material fecal, la orina, desperdicios de alimentos, agua de bebida y de limpieza, polvo, así como pelos y descamaciones corporales. En un sentido particular, las excretas pudieran considerarse el material fecal solamente. En este texto, a menos que se haga alguna otra definición, se usará esta última concepción. En cuanto a los productos de excretas, pueden inscribirse en tal denominación todos aquellos sólidos provenientes del procesamiento de las

excretas animales, tales como licores de lagunas de oxidación, sólidos residuales de filtraciones y excretas fermentadas por diferentes vías, entre otras designaciones.

Tal vez algunas de las ventajas que son inherentes a las excretas de los animales, visto de una forma general, es que evidentemente, están disponibles todo el tiempo en la granja, no están sujetas directamente a fluctuaciones de precios en el mercado, porque usualmente no tienen valor monetario, y no requieren ningún esfuerzo agronómico para obtenerlas. Debe señalarse también que es obvio que este tipo de alimentación carece de competencia entre animales y el hombre por los mismos alimentos.

Es posible que la mayor dificultad sería la necesidad de mecanizar la recogida de las excretas en granjas donde la crianza de cerdos sea en gran escala, con independencia de que siempre se hace necesario eludir o neutralizar los riesgos de contaminación, fundamentalmente por la posibilidad de que las excretas contengan residuos de sustancias indeseables o tóxicas que pudieran re-introducirse en el sistema. Esto último puede solucionarse mediante distintos métodos de procesamiento, como ha informado exhaustivamente Müller (1984) en su momento.

ESTUDIOS DE DISPONIBILIDAD

Se han hecho varias aproximaciones al cálculo o a la determinación del volumen de producción de excretas, e inclusive la forma de manifestar tal volumen, según las unidades de medida en que se expresen. Por ejemplo, un resumen de estimados norteamericanos fue hecho por Vanderholm (1979), quien publicó las cifras de producción de excretas de distintas especies animales.

Es evidente que en cualquier especie animal, la indigestibilidad de una dieta está estrechamente vinculada con el nivel de fibra que contiene (ver por ejemplo, Stanogias y Pearce 1978). Debido a esto, se han hecho varios estudios encaminados a calcular o pronosticar la producción de excretas porcinas (Hazen y Mangold 1960, Muehling 1969, Conrad y Mayrose 1971), que de acuerdo con estos estudios norteamericanos, pudiera estar entre el 5 y el 10% del peso corporal por día. A este respecto Hennig y Flachowsky (1982) estimaron en Alemania que la producción fecal diaria en cerdos podía variar entre 0,5 y 0,8 kg/100 kg de peso corporal de los animales. Estas cifras pudieran ser más que definitivas, un ejemplo del rango amplio en que pueden variar estos estimados.

En lo referentes a datos mexicanos, Salcedo et al. (1995) han informado estimados de producción de material fecal porcino de acuerdo con el tamaño de la piara (Cuadro 1).

Un estudio cubano sobre el potencial de producción de excretas porcinas fue hecho al

tener en cuenta la naturaleza de las dietas dadas a los cerdos, que fundamentalmente eran del tipo no convencional. En el Cuadro 2 aparecen los resultados de este trabajo. No se halló influencia dietética tan importante en la excreción fecal de materia seca como en la de N. Esto se debió fundamentalmente a la alta variabilidad obtenida en el examen de los datos.

En contraste con lo hallado para la excreción fecal de materia seca, la salida fecal de N sí manifestó una marcada influencia del tipo de dieta suministrada a los animales (Cuadro 3), con menores valores para las dietas de mieles, y mayores cifras en el caso de las excretas de cerdos alimentados con desperdicios o escamocha procesados.

La disponibilidad de excretas animales puede ser muy variable, pues está sujeta a diferentes fuentes de variabilidad, propias del sistema de producción animal, como se pudiera apreciar en datos mexicanos y cubanos. Por ejemplo, Pearce (1979) ha sugerido que la producción de estiércol puede depender del manejo de los animales,

Cuadro 1. Estimados de producción de excretas porcinas en México

	Número de animales/granja				Total
	>5	>100	>100	>1000	
Población de cerdos, millones	2,3	5,5	2,4	2,0	12,0
Producción de excretas, t					
Total					
Materia seca	151,1	361,3	157,6	131,4	801,4
Proteína	31,0	74,2	32,4	74,0	211,6
Colectable					
Materia seca	108,7	260,1	113,4	94,7	576,9
Proteína	22,0	53,5	23,3	53,2	152,0
Recuperable					
Materia seca	42,4	101,2	44,2	36,7	224,5
Proteína	9,0	20,8	9,1	20,8	67,7

Fuente de los datos: Salcedo et al. (1995)

Cuadro 2. Estimado de excreción fecal en cerdos

Tipo de dieta	Número de experimentos	MS fecal, %		Excreción fecal, kg ¹	
		Media	EE ±	Media	EE ±
Cereales	7	21,65	3,57	0,98	0,48
Mieles ²	31	23,57	1,69	1,35	0,23
Desperdicios ³	12	29,76	2,72	0,50	0,37
Otros	5	22,30	4,22	1,39	0,57

¹ Ajustado al consumo de un kg de MS

² Distintos tipos de mieles de caña de azúcar

³ Desperdicios procesados en plantas ad hoc

Fuente de los datos: Martínez *et al.* (2004)

Cuadro 3. Estimado de excreción fecal de N en cerdos

Tipo de dieta	Número de experimentos	N fecal, % MS		Excreción fecal, g ¹	
		Media	EE ±	Media	EE ±
Cereales	13	8,44	1,87	32,4	3,7
Mieles ²	17	11,01	1,64	27,6	3,2
Desperdicios ³	16	6,21	1,63	43,0	3,3
Otros	4	5,87	3,38	38,8	6,6

¹ Ajustado al consumo de un kg de MS

² Distintos tipos de mieles de caña de azúcar

³ Desperdicios procesados en plantas ad hoc

Fuente de los datos: Martínez *et al.* (2004)

incluyendo en este manejo la composición y tipo de dieta a utilizar, el nivel de consumo y la distribución de los animales en grupos según la fase de producción.

En otro estudio de disponibilidad de excretas hecho en Indiana, Brumm *et al.* (1977) informaron datos experimentales relativos a la influencia del peso de los animales y de la época del año como fuente de variación, además de estudiar la influencia de evaluar la inclusión de fuentes de arsénico en la comida de los cerdos. Según Brumm *et al.* (1977), la producción diaria promedio de excretas frescas en verano fue mayor que en invierno (4.8 y 3.8 kg respectivamente), lo que representó en 8.4% o el 6.7% del peso vivo de los cerdos, respectivamente. Los datos de Indiana se refieren a la producción de todos los materiales de desecho de la granja, y al ajustar la producción de excretas a la de material sólido, esta fue de 0.31 y 0.31 kg

respectivamente, lo que fue 0.54 y 0.56% del peso vivo. Brumm *et al.* (1977) notaron que tanto la producción total de excretas como de material sólido decreció a medida que los animales crecieron. Por demás, el tratamiento con ácido arsenílico no tuvo influencia en estas medidas. Un resumen de las evaluaciones de Brumm *et al.* (1977) aparece en el Cuadro 4.

Es interesante señalar que en otro estudio de este grupo de investigadores, se encontró que los ácidos arsónicos añadidos a las dietas de los cerdos influyeron en las características de las excretas resultantes, fundamentalmente al hacer decrecer el contenido de materia seca y de sólidos volátiles. Por otra parte, el ácido arsenílico incluido en el alimento hizo aumentar el nitrógeno amoniacal y el ácido acético como por ciento del total de ácidos grasos de cadena corta (Cuadro 5). Este tipo de estudio es de considerable interés, porque está

Cuadro 4. Producción total de excretas y sólidos en función de la época del año y el peso de los cerdos (base fresca)

	Peso corporal, kg				
	14-27	27-45	45-68	68-91	14-91
Invierno					
Excretas totales					
En kg/día	2,9	3,5	4,2	4,4	3,8
En % del peso corporal	14,5	9,6	7,4	5,5	6,7
Sólidos fecales					
En kg MS/día	0,18	0,29	0,37	0,43	0,32
En % del peso corporal	0,89	0,79	0,65	0,54	0,56
Verano					
Excretas totales					
En kg/día	3,1	3,5	5,8	6,3	4,8
En % del peso corporal	15,4	9,5	10,2	8,0	8,4
Sólidos fecales					
En kg MS/día	0,19	0,35	0,40	0,29	0,31
En % del peso corporal	0,93	0,98	0,70	0,37	0,54

Fuente de los datos: Brumm *et al.* (1977)

Cuadro 5. Influencia de ácidos arsónicos dietéticos en la composición del contenido fresco de recipientes anaeróbicos (base seca)

Concepto, %	Fuente de arsénico		
	Niguna	Acido p-AFA ¹	Acido arsanílico ²
pH	6,83	6,65	6,92
Materia seca	4,63	3,53	3,54
Sólidos volátiles	79,7	76,4	78,1
N total, %	8,39	8,50	10,29
N amoniacal	4,88	5,06	6,75
N amoniacal, % N total	56,5	58,6	64,2
Acidos grasos de cadena corta, g/kg	6,79	6,77	6,40
Acido acético, % AGCC	53,0	56,3	53,0

¹ Acido p-amino, fenil arsónico² Acido 3-nitro, 4-hidroxi, fenil arsónico

Fuente de los datos: Brumm et al. (1979)

relacionado con la manera en que distintos compuestos químicos adicionados alimentos, pueden influir en las características de las excretas resultantes. Por otra parte, estos resultados de Brumm *et al.* (1979), junto con otros anteriores de Indiana (Brumm *et al.* 1977), indicaron que los compuestos de arsénico pueden acelerar la degradación anaeróbica de las excretas, en contraste con lo que pueden hacer otros aditivos alimentarios y diferentes cationes de metales pesados (Taiganides 1963; Clark 1965).

ASPECTOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Muchos son los estudios hechos para determinar el valor nutritivo de las excretas animales, y en este sentido pudieran citarse los hechos hace más de un cuarto de siglo en la América del Norte y Alemania, y que fueron resumidos por Smith y Wheeler (1979). Estos datos están expuestos en el Cuadro 6.

Estos datos presentados aquí solamente son una aproximación generalizada al conocimiento del contenido de nutrientes en las excretas, pues debe asumirse que la composición en nutrientes está influida por diferentes factores, como el nivel de consumo y la proporción forraje:concentrado en las dietas de los rumiantes (Fisher 1974) y el plano de nutrición en las aves (Evans y Calvert 1976), entre otros. Los datos que se exponen a continuación generalmente corresponden a excreciones de cerdos alimentados con dietas de harina de maíz y soya.

Brumm *et al.* (1977) estudiaron la influencia de la época del año sobre la composición de muestras de excretas frescas o del material de lagunas anaerobias, y hallaron que el amoniaco constituyó más de la mitad del N total encontrado (Cuadro 7). En estas evaluaciones los datos obtenidos en invierno parecieron ser

Cuadro 6. Contenido en nutrientes de distintos tipos de excretas (% en base seca)

	Excretas			
	Aviar ¹	Aviar Deshidratada ¹	Vacuna (toros) ²	Porcina ^{2,3}
NTD ⁴	73	52	48	48
Nx6.25	31	28	20	24
Fibra cruda	17	13	20	15
Calcio	2,4	8,8	0,9	2,7
Fósforo	1,8	2,5	1,6	2,1
Potasio	1,8	2,3	0,5	1,3

¹ Bhattacharya y Taylor (1975)² Hennig *et al.* (1977)³ Kornegay *et al.* (1977)⁴ Nutrientes totales digestibles

Cuadro 7. Composición química de productos de excretas porcinas. Efecto de la época del año (base fresca)

	Excretas frescas ¹		Material de lagunas anaerobias ²	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
pH	8,28	8,04	6,89	7,25
Materia seca, %	8,02	6,33	6,20	3,89
Sólidos volátiles, %	6,57	5,20	4,98	3,06
N total, ppm	5773	4334	3812	3161
N amoniacal, ppm	3292	2502	2320	2093
N amoniacal, % N total	57,0	57,7	60,9	66,2
N de nitrato, ppm	52	44	44	28
Fósforo	1601	1326	1044	738
Potasio	2654	2169	2534	2218

¹ Comprende material fecal, orina, agua de bebida y limpieza y materiales corporales

Fuente de los datos: Brumm *et al.* (1977)

superiores a los mismos en verano, pero al ajustarse a base seca, no se notó un efecto sustancial de época del año, debido a que probablemente en verano los animales bebieron más agua y orinaron más.

En los años 70 un grupo de investigadores de Illinois publicaron varios trabajos relacionados con el uso de los materiales procedentes de lagunas de oxidación de excretas porcinas, con vistas a reusarlas en la alimentación de los cerdos. Puede considerarse que los materiales procedentes de estas lagunas de oxidación son de dos tipos, el residuo sólido y el licor o fase líquida. Ese licor es de muy baja concentración de MS, 3.4% según Frank *et al.* (1980), en comparación con el residuo sólido, y era muy rico en materia mineral. Por ejemplo, de acuerdo con los datos publicados por Frank *et al.* (1980), en base seca, el licor contenía un alto contenido de calcio, fósforo y potasio (Cuadro 8), así como otros macroelementos y elementos traza.

Cuadro 8. Composición mineral del licor de lagunas de oxidación de excretas porcinas (base seca)

Concepto	Por ciento
Calcio	4,63
Fósforo	3,60
Sodio	1,71
Potasio	4,96
Magnesio	1,37
Hierro	0,44
Cinc	0,16
Manganeso	0,04
Cobre	0,01

Fuente de los datos: Harmon *et al.* (1972)

En este mismo trabajo informado por Harmon *et al.* (1972), se publicaron datos de la composición aminoacídica del residuo sólido de las lagunas de oxidación examinadas. Estos investigadores hallaron que ese residuo era rico en proteína cruda, y sobre todo en aminoácidos, tal como puede observarse en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Composición química de residuos sólidos de lagunas de oxidación de excretas porcinas (base seca)¹

Concepto, %	Fracción	
	Inferior	Superior
Nx6.25	24,5	31,8
Aminoácidos esenciales		
Arginina	0,33	0,74
Fenilalanina	0,23	0,72
Histidina	0,10	0,28
Isoleucina	0,29	0,51
Leucina	0,51	0,92
Lisina	0,32	0,72
Metionina	0,13	0,22
Treonina	0,39	0,67
Valina	0,43	0,75
Aminoácidos no esenciales		
Alanina	0,58	0,98
Acido aspártico	0,74	1,28
Acido glutámico	0,89	1,59
Glicina	0,49	0,86
Prolina	0,33	0,61
Serina	0,33	0,57
Tirosina	0,29	0,56

¹ Composición promedio: Nx6,25, 27,7; calcio, 1,6; fósforo, 1,5% en base seca respectivamente

Fuente de los datos: Harmon *et al.* (1972)

Otros resultados correspondientes a la composición química de excretas porcinas o del residuo sólido de las mismas, se muestra en el Cuadro 10. En lo que corresponde a las

muestras examinadas de excretas de Kornegay *et al.* (1977), se pudiera apreciar un alto contenido de cenizas, si se compara sobre todo con el residuo sólido.

Cuadro 10. Características de excretas o residuos sólidos de excretas de cerdos (base seca)

Concepto, %	Excretas ¹	Residuos sólidos de excretas ²
Materia seca		30,70
Cenizas	15,32	4,74
Fibra cruda	14,78	17,04
Fibra detergente ácido	-	21,68
Fibra detergente neutro	-	70,68
Extracto etéreo	8,02	2,99
Proteína cruda (Nx6.25)	23,50 ³	10,56
Calcio	2,72	-
Fosforo	2,13	-
Energía bruta, kJ/g MS	19,12	16,81

¹ Kornegay *et al.* (1977)

² Van Dyke *et al.* (1986)

³ El 66.5% era proteína verdadera

En contraste con las excretas, las muestras evaluadas por Van Dyke *et al.* (1986) relativas a residuos sólidos filtrados, decrecieron su nivel de proteína cruda y mostraron un alto contenido de distintas fracciones fibrosas. Por otra parte, aunque altas en elementos minerales, las excretas evaluadas por Kornegay *et al.* (1977) también mostraron un elevado tenor de grasa cruda o extracto etéreo, lo que hizo que su contenido calorífico fuera más bien alto.

El aminograma de las muestras de excretas del informe de Kornegay *et al.* (1977) se lista en el Cuadro 11.

Estudios mexicanos han mostrado también el contenido de aminoácidos de los sólidos desecados de excretas de cerdos en fase de engorde, alimentados en lo fundamental con sorgo (Cuadro 12).

A este respecto, Salcedo *et al.* (1995) han hecho hincapié en que la alimentación porcina en México, evidentemente en condiciones intensivas, se hace fundamentalmente con maíz y sorgo, más fuentes proteicas convencionales. En este sentido, la indigestibilidad de una dieta tal puede ser de un 15%, que se mezclaría a su vez con alimento rechazado, más agua,

material piloso y productos de descamación, y como es lógico, los datos de Iñiguez *et al.* (1986) deben reflejar este sistema de alimentación. Debe recordarse que Hennig y Flachowsky (1982) hicieron hincapié en que la naturaleza de las excretas porcinas está fuertemente determinada por el régimen alimentario.

Cuadro 11. Contenido de aminoácidos en excretas porcinas. Datos virginianos

	Por ciento (MS)
Aminoácidos esenciales	
Arginina	0,58
Fenilalanina	0,83
Histidina	0,29
Isoleucina	0,73
Leucina	1,48
Lisina	1,02
Metionina	0,38
Treonina	0,78
Valina	0,85
Aminoácidos no esenciales	
Alanina	1,51
Acido aspártico	1,68
Acido glutámico	2,18
Glicina	0,97
Prolina	0,81
Serina	0,69
Tirosina	0,65

Fuente de los datos: Kornegay *et al.* (1977)

Cuadro 12. Contenido de aminoácidos en excretas porcinas. Datos mexicanos

	g/100 g proteína
Aminoácidos esenciales	
Arginina	4,472
Fenilalanina	5,607
Histidina	3,387
Isoleucina	4,635
Leucina	11,975
Lisina	4,971
Metionina	2,225
Treonina	4,795
Valina	6,331
Aminoácidos no esenciales	
Alanina	9,735
Acido aspártico	8,738
Acido glutámico	20,527
Glicina	5,736
Prolina	8,349
Serina	5,527

Fuente de los datos: Iñiguez *et al.* (1986)

VALOR NUTRITIVO

El valor nutritivo de las excretas de los animales de granja se ha examinado en distintas oportunidades (Anthony 1971; Smith 1973a,b, 1976; Bhattacharya y Taylor 1975). En lo referente a cerdos, este tema es objeto de reevaluación periódica. Por ejemplo, Van Dyke et al. (1986) estudiaron en Alabama la digestibilidad de la fracción sólida de excretas en cerdas primíparas gestantes, mientras que Kill et al. (1998) hicieron pruebas de digestibilidad y balance de energía en Brasil con cerdos en engorde alimentados con excretas porcinas. Un resumen del estudio de Van Dyke et al. (1986) aparece en el Cuadro 13.

Van Dyke et al. (1986) encontraron que el contenido de N de los sólidos filtrados de las excretas tenían un valor nulo como fuente de N, y adujeron que era posible que todo el

N con valor nutritivo, hubiera escapado como resultado de la filtración. Por el contrario, estos sólidos mostraron un cierto valor como fuente energética en las cerdas gestantes que utilizaron en estos ensayos

Kill et al. (1998) sugirieron que hasta un 20% de este material fecal podría utilizarse en la dieta de cerdos en acabado. Un resumen de los resultados de Kill et al. (1998) se muestra en el Cuadro 14.

Como antecedente al trabajo brasileño, es generalmente citado el de Kornegay et al. (1977), quienes hicieron una evaluación muy completa de excretas porcinas, re-usadas en la alimentación de cerdas primíparas de 125 kg. En estos experimentos, no se halló efecto de suministrar las excretas en forma fresca o secada en estufa, y los datos fueron informados como el valor promedio de ambos tratamientos. En el Cuadro 15 se

Cuadro 13. Balance de energía y N en cerdas alimentadas con niveles de sólido filtrados de excretas porcinas

Concepto, %	Sólidos filtrados de excretas, % ¹			
	0	25	50	86
Balance de energía				
Dieta				
Digestibilidad	85,2	70,2	60,7	58,3
Retención	82,3	67,4	57,9	53,6
Sólidos de excretas ²				
Digestibilidad	-	48,0	48,0	53,2
Retención	-	45,1	45,2	48,1
Balance de N				
Dieta				
Digestibilidad	83,8	66,1	51,1	-
Retención, % del consumo	31,5	18,8	4,6	-
Retención, % de digestión	37,8	28,7	8,7	-
Sólidos de excretas ²				
Digestibilidad	-	- 4,2	10,1	-
Retención, % del consumo	-	- 31,4	- 30,2	-
Retención, % de digestión	-	- 7,2	- 30,2	-

¹ Expresa la sustitución de la energía metabolizable o del N de la dieta, respectivamente

² Calculado por diferencia

Fuente de los datos: Van Dyke et al. (1986)

Cuadro 14. Valor nutritivo de excretas porcinas para cerdos

Índice Digestibilidad, %	Valor
Materia seca	58,3
Nitrógeno	53,2
Energía	51,3
Energía digestible, kJ/g	9,16
Energía metabolizable, kJ/g	8,26
Proteína digestible, %	13,15

Fuente de los datos: Kill et al. (1998)

Cuadro 15. Índices digestivos en cerdas alimentadas con niveles variables de excretas porcinas¹

Digestibilidad, %	Excretas porcinas, %			Excretas porcinas ²
	-	21.7	37.3	
Materia seca	89,5	80,1	74,3	48,0
Cenizas	52,9	42,3	39,3	31,6
Fibra cruda	67,3	55,0	50,5	40,9
Extracto etéreo	77,0	66,2	64,4	54,1
Extracto libre de N	94,4	88,1	83,3	45,9

¹ Excretas de cerdos alimentados con maíz/soya, que contenían como promedio: N, 3.76; cenizas, 15.32; fibra cruda, 14.78% respectivamente, y energía bruta, 19.12 kJ/g MS

² Determinado por diferencia

Fuente de los datos: Kornegay *et al.* (1977)

presentan los datos referentes a los índices digestivos de los principales nutrientes que convencionalmente se evalúan en este tipo de experimento.

Como se hizo evidente en esta evaluación, a medida que las excretas porcinas incrementaron su contribución al total suministrado a los animales, se redujo la digestibilidad de todos los principios nutritivos examinados. La digestibilidad de la MS de las excretas, determinado por diferencia, fue 48.0%. Los datos de balances de este mismo experimento se resumen en el Cuadro 16.

Como puede apreciarse fácilmente, los resultados del balance de N y energía siguieron la misma línea que la digestibilidad de los distintos principios nutritivos examinados en el estudio.

En el Cuadro 17 se muestran los resultados del balance de minerales hecho por Kornegay *et al.* (1977) con las cerdas alimentadas con excretas porcinas. La tendencia general encontrada fue hacia un descenso del aprovechamiento digestivo de los macroelementos con mayores niveles de

incorporación de las excretas en la comida de los animales.

Vale la pena comentar que los datos de Kill *et al.* (1998) se asemejan a los de Van Dyke *et al.* (1986) en lo correspondiente a la utilización de la energía, pero pudiera decirse que son completamente distintos en lo que concierne al aprovechamiento digestivo del N. Esto hace suponer que la hipótesis de Van Dyke (1986) parece cierta. Los datos de Kornegay *et al.* (1977) tienden a apoyar los resultados posteriores de Kill *et al.* (1998).

MÉTODOS DE PROCESAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS EXCRETAS

Varios pueden ser los productos resultantes del tratamiento o procesamiento de las excretas animales en general, y las porcinas en particular. Estos métodos deben armonizar la disminución de la agresividad de las excretas con respecto al entorno, así como mejorar su valor nutritivo. Estas dos metas deben realizarse a un mínimo de costo para el porcicultor, como debe esperarse.

Cuadro 16. Balance de N y energía en cerdas alimentadas con niveles variables de excretas porcinas¹

	Excretas porcinas, %			Excretas porcinas
	-	21.7	37.3	
Balance de N				
Digestibilidad, %				
Proteína cruda (Nx6.25)	86,9	78,6	75,6	60,1
Retención de N				
Por ciento del consumo	31,0	29,2	26,5	22,5
Por ciento de la digestión	35,7	37,0	35,7	36,8
Balance de energía				
Digestibilidad, %	89,0	79,9	73,3	46,7
Retención, por ciento del consumo	85,4	74,9	69,6	45,7

¹ Excretas de cerdos alimentados con maíz/soya, que contenían como promedio: N, 3.76; cenizas, 15.32; fibra cruda, 14.78% respectivamente, y energía bruta, 19.12 kJ/g MS

Fuente de los datos: Kornegay *et al.* (1977)

Cuadro 17. Balance de minerales en cerdas alimentadas con niveles variables de excretas porcinas¹

	Excretas porcinas, %			Excretas porcinas ²
	-	21,7	37,3	
Balance de calcio				
Digestibilidad, %	38,7	30,0	27,0	22,2
Retención, % del consumo	34,9	28,1	25,4	21,8
Retención, % de la digestión	89,4	92,1	92,8	94,5
Balance de fósforo				
Digestibilidad, %	42,6	34,0	31,9	27,3
Retención, % del consumo	37,3	23,3	21,4	14,0
Retención, % de la digestión	86,6	64,4	61,2	49,2
Balance de potasio				
Digestibilidad, %	86,4	78,4	74,9	64,0
Retención, % del consumo	15,4	17,4	14,4	16,3
Retención, % de la digestión	18,1	21,6	19,9	23,8
Balance de magnesio				
Digestibilidad, %	37,4	28,4	26,9	23,1
Retención, % del consumo	16,6	14,7	18,1	15,6
Retención, % de la digestión	42,5	49,8	62,5	61,1

¹ Excretas de cerdos alimentados con maíz/soya, que contenían como promedio: N, 3,76; cenizas, 15,32; fibra cruda, 14,78% respectivamente, y energía bruta, 19,12 kJ/g MS

² Determinado por diferencia

Fuente de los datos: Kornegay *et al.* (1977)

Como se puede sospechar fácilmente, en muchos los procedimientos utilizados para mejorar el valor nutritivo de las excretas porcinas, está implicada cierta intervención microbiana, ya sea en lagunas de oxidación, en contenedores cerrados para propiciar procesos anaerobios, o en la preparación de ensilados. También puede comprenderse fácilmente que los procesos aerobios o anaerobios que no implican la búsqueda de un ensilado de las excretas porcinas, requieren de cierta intervención ingeniera y de un proceso inversionista de capital, que será menor o mayor de acuerdo con el tamaño de la pira. No es intención del presente texto hacer una revisión de la tecnología de los sistemas de tratamientos de excretas, ya sea por vía aerobia o anaerobia, sino de discutir los resultados de estos tratamientos sobre el valor nutritivo de las excretas en sí, como se ha hecho hasta aquí. Junto con estos métodos de manipulación microbiana, existen otros de naturaleza física, como lo es el secado del material a utilizar, y química, fundamentalmente consistente en el tratamiento con formol del material fresco (Müller 1984). Ambos procedimientos buscan en lo esencial la eliminación de gérmenes

patógenos en el producto a suministrar a los animales. Adicionalmente a su función bactericida y fungicida, el tratamiento con formol tiene otras ventajas, tales como preservar el contenido proteico de las excretas y actúa previniendo la proliferación de larvas de moscas. Habitualmente en caso en que se use formol, este debiera añadirse a razón de un 0.7% de las excretas, calculado en base seca.

Müller (1984) ha indicado que las excretas porcinas pueden ensilarse de dos formas diferentes: (1) preparando silos con heno de plantas no leguminosas, que producen silajes de baja energía adecuados para un plano bajo de nutrición, como el correspondiente al período de gestación, y (2) confección de ensilados con alimentos ricos en energía, como granos húmedos, raíces de yuca u otro material rico en almidón, y la adición de 3 a 5% de melaza de caña de azúcar. Este silo rico en energía puede ser dado al ganado vacuno que requiere de un plano alto de alimentación, y también a cerdos en engorde o acabado, excepto durante las primeras etapas de la vida en esta especie. Sin embargo, en líneas generales, Müller (1984) ha sugerido que no deben utilizarse las excretas porcinas en la

alimentación de las especies de animales monogástricos, sino para alimentar rumiantes.

USO DE EXCRETAS DE CERDOS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

Como debe suponerse, el valor nutritivo de las excretas de los cerdos está sujeto a diferentes fuentes de variación, tales como el plano de nutrición, clase de animales, consumo de alimento y agua, digestibilidad de la dieta y manejo de las excretas. Las excretas porcinas tienen un nivel relativamente alto de proteína (ver Cuadro 1), y están en el rango de 11 a 31% en base seca, de acuerdo con Müller (1984), mientras que su contenido de materiales fibrosos suele ser menor que el de las excretas de ganado vacuno. Sin embargo, las excretas de cerdos son altas en ceniza, particularmente en calcio. A veces, también según Müller (1984), muchos elementos menores están en altas concentraciones en este tipo de excretas.

Los primeros ensayos hechos con excretas porcinas para alimentar ganado vacuno y de cerda fueron hechos con excretas secadas mecánicamente. El producto fue fácil de manipular y no hubo dificultad con incluir hasta 30% del mismo en la dieta. Con posterioridad, se usaron otras variantes de preparación de las excretas o de

usar algunos de sus productos derivados, como el licor de lagunas de oxidación, que fue introducido en trabajos hechos en granjas comerciales norteamericanas (Harmon *et al.* 1971, Day 1977).

Con posterioridad a estos estudios iniciales, se han ensayado variantes consistentes en excretas porcinas ensiladas con heno, dirigidas a alimentar cerdas gestantes (Harmon *et al.* 1975a,b, Fontenot *et al.* 1975), con relativo éxito cuando la proporción de ensilado de excretas y heno fue de 2:3. Igualmente, el ensilado de excretas porcinas ha sido evaluado con éxito en la alimentación de rumiantes, pero con silos en los que se mezclaron las excretas con harina de raíces de yuca y excreta aviar (Müller 1980). El uso de excretas ensiladas con heno de gramíneas o granos de maíz molido también ha sido temática de interés para alimentar carneros, y en este caso existen dos concienzudos estudios hechos en Virginia con (Berger *et al.* 1981a,b). En los experimentos de Berger *et al.* se halló que las mejores mezclas ensiladas eran cuando la proporción de las excretas y el otro componente estaban eran 2:3, 1:1 y 3:2 respectivamente (Berger *et al.* 1981a). En este estudio se demostró claramente que el proceso fermentativo hizo decrecer el conteo total de bacterias, y además los coliformes fecales desaparecieron. En el Cuadro 18 se

Cuadro 18. Contenido de nutrientes y características de los ensilados de las excretas porcinas ensiladas (base seca)

	Excretas sin tratar ¹	Excretas ensiladas, 1:1	
		Gramínea	Maíz molido
Nutrientes			
Materia seca	24,8/24,0	60,2	55,9
Cenizas	16,6/17,4	6,8	4,6
Fibra cruda	14,6/15,5	32,7	5,2
Extracto etéreo	10,3/10,6	5,2	6,4
ELN	32,1/27,2	43,4	70,1
Nx6.25	26,4//29,3	11,9	13,7
Indíces fermentativos			
pH	6,8/6,8 ²	4,6	4,3
Acido láctico, %	0,04/0,70	5,84	7,6
AGCC, %	-	3,03	1,93
Conteo bacteriano			
Bacterias totales, 10 ⁶ /g	172 /5	6,0x10 ⁵	37,0x10 ³
Coliformes totales, 10 ³ /g	4/11,2	0	0

¹ Cifras correspondientes al producto inicial usado para ambos tipos de ensilado

² Cifras correspondientes a las mezclas iniciales de ambos tipos de ensilado

Fuente de los datos: Berger *et al.* (1981a)

presentan algunos datos de las características de las excretas de cerdo sin tratar y fermentadas que fueron usadas por Berger *et al.* (1981a).

En México se ha dedicado considerable atención a la alimentación de ganado vacuno con excretas de cerdos (Salcedo *et al.* 1995), indicando que esta práctica tendría como ventajas el aprovechamiento de los nutrientes de estas excretas, reducir los gastos en el control de la contaminación del medio ambiente, así como los de alimentación. Asimismo, se haría disponible una fuente de minerales y proteína no competitiva con la dieta del ser humano. Un resumen de algunos experimentos mexicanos en los que el ganado vacuno se ha alimentado con excretas porcinas aparece en el Cuadro 19.

En lo referente a cerdos, se han hecho diferentes investigaciones destinadas a definir el valor de las excretas porcinas reintroducidas dentro del sistema de alimentación de cerdos. También se han hecho algunos estudios relacionados con productos derivados de las excretas de este ganado, tales como el licor de las lagunas de oxidación (ver entre otros, Frank *et al.* 1980). En este sentido, el sistema de tratar las excretas en lagunas de oxidación, fue informado por varios investigadores, como un método para mejorar la calidad de las excretas, de ser usadas en alimentación porcina (Harmon *et al.* 1971, 1973; Orr *et al.* 1973).

Tal vez uno de los primeros trabajos en la América del Norte que tendieron a reciclar excretas porcinas dentro de la misma especie animal fue el de Diggs *et al.* (1965), quienes informaron que las excretas secas,

raspadas de los pisos de los corrales de los animales, podían ser incluidas hasta un 15% en la comida sin deteriorar los rasgos de comportamiento.

Unos doce años después, Kornegay *et al.* (1977) demostraron que en cerdos en acabado, las excretas porcinas, ya fueren secas o frescas, podían constituir hasta el 37% del alimento, sin trastorno alguno en el consumo voluntario u otros rasgos de comportamiento. Sin embargo, en cerdas de 125 kg, la digestibilidad de la dieta decreció notoriamente a medida que las excretas aumentaron su proporción en la dieta.

En condiciones mexicanas, se ha informado que es posible sustituir el 50% de las dietas de las cerdas con excretas frescas de lechoncitos, sin influir negativamente en el comportamiento reproductivo de los animales (Peñalva y Bravo 1982). En otras pruebas de comportamiento hechas en condiciones mexicanas, se ha estudiado el uso de las excretas secas en cerdos en crecimiento (García *et al.* 1988) o en acabado (Mejía *et al.* 1997). En el estudio hecho con cerdos en crecimiento, se hizo evidente un empeoramiento de los rasgos de comportamiento cuando se dieron a los animales, excretas porcinas secadas al aire y molidas, en dietas isoproteicas (Nx6.25, 15%). Esto queda evidenciado en el Cuadro 20, y puede deberse esencialmente al pobre aprovechamiento digestivo que hacen los animales del material fecal al ser reciclados en la misma especie sin ninguna elaboración adicional.

Al igual que en la prueba de comportamiento de García *et al.* (1988), Mejía *et al.* (1997) no tuvieron éxito al alimentar los cerdos en finalización con

Cuadro 19. Rasgos de comportamiento de toros alimentados con excretas porcinas

Tipo racial	Nivel de inclusión, %	Consumo, kg MS/100 kg PC	Ganancia, kg/día	Conversión, kg MS/kg ganancia
Cebú	25	2,55	0,940	8,8
Cebú	27	2,81	1,161	8,2
Holstein	27	3,06	1,024	8,1
Cebú	27	2,55	0,965	7,2
Cebú x Holstein	35	2,49	0,900	9,7
Cebú x Holstein	35	2,94	1,021	9,8
Cebú x Holstein	45	2,41	1,011	7,9
Cebú x Holstein	55	1,91	0,772	7,8

Fuente de los datos: Salcedo *et al.* (1995)

Cuadro 20. Rasgos de comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con excretas porcinas secas y molidas

	Excretas, %			
	-	10	20	30
Consumo, kg/día	2,16	2,11	1,97	2,11
Ganancia, g/día	705	521	461	312
Conversión, kg MS/kg ganancia	3,06	4,05	4,28	6,76

Fuente de los datos: García *et al.* (1988)

proporciones crecientes de excretas secas en la dieta de los animales (Cuadro 21).

Al parecer, ensilar las excretas frescas mezcladas con granos, puede rendir beneficios en la alimentación de cerdos. Con referencia a esto, Robles e Iñiguez (1990) han hecho hincapié en el reciclar excretas porcinas en cerdos, pero después de ser sometidas a un proceso de fermentación, aduciendo que el proceso de secado de las excretas es sumamente costoso. De acuerdo con el proceso fermentativo utilizado por Robles e Iñiguez (1990), las mezclas de excretas frescas y sorgo (4.5:5.5) presentan las características que se muestran en el Cuadro 22.

En la prueba de alimentación que se hizo con las excretas ensiladas con granos de sorgo, Robles e Iñiguez (1990) hallaron que el consumo de alimento tendió a crecer cuadráticamente, al igual que la ganancia

diaria (Cuadro 23), cuando se elevó en la dieta, el nivel de inclusión de las excretas porcinas ensiladas. Por otra parte, la conversión alimentaria pareció aumentar linealmente cuando aumento la proporción del ensilado dietético. Es muy probable que un nivel de inclusión de 30% de ensilado en la dieta de los cerdos, pudiera repercutir beneficiosamente en la economía de la granja.

CONCLUSIONES

El uso de excretas porcinas, tratadas o no por diferentes vías, como material para reciclar dentro de la misma especie, como alimento, no parece ofrecer resultados alentadores, tanto desde el punto de vista de su valor nutritivo, como de los rasgos de comportamiento que determina, a menos que sea sometida a un procedimiento de ensilado con materiales tales como granos o forraje,

Cuadro 21. Rasgos de comportamiento de cerdos en acabado alimentados con excretas porcinas secas y molidas

	Excretas, %		
	-	10	20
Consumo, kg/día	3,09	3,10	3,19
Ganancia, g/día	708	680	538
Conversión, kg MS/kg ganancia	4,36	4,56	5,92

Fuente de los datos: Mejía *et al.* (1988)

Cuadro 22. Características de las mezclas de excretas porcinas y sorgo

Concepto	Mezcla, 4.5:5.5	
	Sin fermentar	Fermentada
Nutrientes, %		
Materia seca	60,4	58,4
Fibra cruda	6,9	7,1
Extracto etéreo	2,9	3,1
Nx6.25	11,7	12,1
Indices fermentativos		
pH	6,2	4,2
Bacterias acidogénicas	34x10 ⁷ /g	118x10 ⁵ /g
Levaduras	103x10 ⁶ /g	87x10 ⁹ /g
Coliformes totales	201x10 ⁵ /g	<10

Fuente de los datos: Robles e Iñiguez (1990)

Cuadro 23. Rasgos de comportamiento de cerdos en engorde alimentados con ensilado de excretas porcinas

	Ensilado de excretas y sorgo (4.5:5.5), %			
	-	15	30	45
Consumo, kg/día	2,19	2,28	2,54	2,61
Ganancia, g/día	588	589	601	556
Conversión, kg MS/kg ganancia	3,71	3,87	4,23	4,69

Fuente de los datos: Robles e Iñiguez (1990)

en dependencia del tipo de animal que va a ser alimentado con este material. Esto de hecho mejoraría el valor nutritivo de las excretas, y extendería el volumen de otros alimentos a suministrar a los animales, a costa de disminuir su valor intrínseco como alimento. Restaría por hacer evaluaciones de tipo económico para determinar la viabilidad del sistema.

Como consecuencia inmediata, el reciclado de las excretas porcinas como alimento parece ser de mayor interés si se utiliza otra especie animal receptora, tales como los animales rumiantes.

Dentro de la estrategia de utilizar las excretas animales en general y las porcinas en particular, como una vía de conciliar la producción animal con el medio ambiente, no parece que la alternativa de utilizar estas excretas como alimento, pueda competir exitosamente con su valor como fertilizante per se o mejoradas mediante lombricultura o preparación de composta, o como insumo para la producción de biogás y fertilizante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anthony, W.B. 1971. Animal waste value – nutrient recovery and utilization. *Journal of Animal Science*, 32:799-802

Arndt, D.L., Day, D.L. y Hatfield, E.E. 1979. Processing and handling of animal excreta for refeeding. *Journal of Animal Science*, 48:157-162

Berger, J.C.A., Fontenot, J.P., Kornegay, E.T. y Webb, K.E. 1981a. Feeding swine waste. I. Fermentation characteristics of swine waste ensiled with ground hay or ground corn grain. *Journal of Animal Science*, 52:1388-1403

Berger, J.C.A., Fontenot, J.P., Kornegay, E.T. y Webb, K.E. 1981a. Feeding swine waste. II. Nitrogen utilization, digestibility and palatability of ensiled swine waste and orchardgrass hay or corn grain fed

to sheep. *Journal of Animal Science*, 52:1404-1416

Bhattacharya, A.N. y Taylor, J.C. 1975. Recycling animal waste as a feedstuff: a review. *Journal of Animal Science*, 41:1438-

Brumm, M.C., Sutton, A.L., Mayrose, V.B. y Krider, J.L. 1979. Effect of dietary arsenic acids on fresh swine waste composition and anaerobic decomposition. *Journal of Animal Science*, 48:1305-1311

Brumm, M.C., Sutton, A.L., Mayrose, V.B., Nye, J.C. y Jones, H.W. 1977. Effect of arsanilic acid in swine diets on fresh waste production, composition and anaerobic decomposition. *Journal of Animal Science*, 44:521-531

Clark, C.E. 1965. Hog waste disposal by lagooning. *American Society Civil Engineering*, 91:27

Conrad, J.H. y Mayrose, V.B. 1971. Animal waste handling and disposal in confinement production of swine. *Journal Animal Science*, 34:811

Day, D.L. 1977. Harvesting and processing manure from confinement operations for refeeding. In: *Proceedings of the Great Plains Extension Seminar on Feedlot Manure Recycling for Nutrient Recovery*. Ada, sp

Diggs, B.G., Baker, B y James, B.G. 1965. Value of pig faeces in swine finishing rations. *Journal of Animal Science*, 24:291

Evans, E.H. 1976. An assessment of laying hen manure as a feedstuff for ruminants. Ph.D. Thesis. Universidad de Guelph, Guelph

Fisher, I.J. 1974. Influence of feed systems, digestibility of ration and proportion of concentrate consumed on the quantity and quality of excreta voided by lactating cows. In: *Proceedings of the Conference*

- on Processing and Management of Agricultural Wastes. Cornell University. Cornell, p 283
- Fontenot, J.P., Webb, K.E., Harmon, B.W., Tucker, R.E. y Moore, W.E.C. 1975. Processing, nutritional value and palatability of broiler litter for ruminants. Proceeding of the International Symposium on Livestock Wastes, p 301-304
- Frank, G.R., Jensen, A.H. y Day, D.L. 1980. Oxidation ditch mixed liquor as a source of certain nutrient for finishing swine. *Journal of Animal Science*, 50:1031-1039.
- García, R.F., Morones, R. y Baum, M. 1988. Reciclaje de heces de porcino en dietas para cerdos en crecimiento. In: XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana, p 55
- Harmon, B.W. 1976. Recycling of swine waste by aerobic fermentation. *World Animal Review*, 18:34
- Harmon, B.W., Day, D.L., Jensen, J.H. y Baker, D.H. 1971. Nutritive value of oxidation-ditch-mixed liquor for rats. *Journal of Animal Science*, 33:1149-
- Harmon, B.W., Day, D.L., Jensen, J.H. y Baker, D.H. 1972. Nutritive value of aerobically sustained swine excrement. *Journal of Animal Science*, 34:401-407
- Harmon, B.W., Day, D.L., Baker, D.H. y Jensen, A.H. 1973. Nutritive value of aerobically or anaerobically processed swine waste. *Journal of Animal Science*, 37:510-
- Harmon, B.W., Fontenot, J.P. y Webb, K.E. 1975a. Ensiled broiler litter and corn forage. I. Fermentation characteristics. *Journal of Animal Science*, 40:144-
- Harmon, B.W., Fontenot, J.P. y Webb, K.E. 1975b. Ensiled broiler litter and corn forage. II. Digestibility, nitrogen utilization and palatability by sheep. *Journal of Animal Science*, 40:156-
- Hazen, T.E. y Mangold, D.W. 1960. Functional and basic requirements of swine housing. *Agriculture Engineering*, 41:585-
- Hennig, A. y Flachowsky, G. 1982. Pig excrement as new feedstuff for ruminants. *Pig News and Information*, 3:269-
- Hennig, A., Schuler, D., Freytag, H.H., Voigt, C., Gruhn, K. y Jeroch, H. 1972. Tests conducted to determine whether pig feces could be used as a feedingstuff. *Jahrbuch für Tierernährung und Fütterung*, 8:226
- Íñiguez, G., Franco, M.J., Peña, M. y Ciurlizza, A. 1986. Evaluation of protein quality of solids recovered from hog manure slurry. *Agricultural Wastes*, 16:113-
- Kornegay, E.T., Holland, M.R., Webb, K.E., Bovard, K.P. y Hedges, J.D. 1977. Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. *Journal of Animal Science*, 44:608-
- Kill, J.L., Donzele, J.L., Valerio, S.;R., Ferreira, A.S. y De Freitas, R.T.F. 1998. Valor nutritivo e inclusão dos dejetos de suínos para suínos em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27:1151-1159
- Martínez, V., García, M.D. y Ly, J. 2004. Estimados de excreción fecal de cerdos como material de ingreso en biodigestores y para composta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina (La Habana)*, 11(2):
- Mejía, W., Quinero, A., Rodríguez, E. y Calatayud, D. 1997. Efecto de la administración de cerdaza sobre el rendimiento productivo de cerdos en etapa de engorde. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 5(suplemento 1):300-301
- Muehling, A.J. 1969. Swine housing and waste management. University of Illinois Agriculture and Experimental Station Bulletin AEng-873
- Müller, Z.O. 1980. Feed from animal wastes: state of knowledge. FAO Animal Production and Health Paper No. 18. Roma, pp
- Müller, Z.O. 1984. Feed from animal wastes: feeding manual. FAO Animal Production and Health Paper No. 28. Roma, pp 213

- Orr, D.E., Miller, E.R., Ku, P.K., Berger, W.G., Ullrey, D.E. y Miller, E.C. 1973. Swine waste as a nutrient source for finishing pigs. Michigan State University Report 232. East Lansing, p 81-87
- Peñalva, G. y Bravo, F.O. 1982. Recycling of swine wastes for feeding gilts. In: International Pig Veterinary Society Congress. México, D.F., p 277
- Robles, A. e Iñiguez, G. 1990. Treatment and recycling of swine waste. In: International Pig Veterinary Society Congress. Laussane, p 341
- Salcedo, J.R., Castellanos, R., Ku, J.C., Gutiérrez, E., Tejada, I. u Larios, A. 1995. Los desechos de las granjas porcícolas, una fuente para la alimentación de bovinos de carne. In: La producción porcícola en México: contribución al desarrollo de una visión integral (L. Kato, editor). Morevallado Editores. Morelia, p 305-344
- Smith, L.W. 1973a. Recycling animal wastes as protein sources. In: Alternative Sources of Protein for Animal Production. National Academy of Science. Washington, D.C., p 146
- Smith, L.W. 1973b. Nutritive evaluation of animal manures. In: Processing Agricultural and Municipal Wastes (G.E. Englett, editor). Avi Publishing Company. Westport, p 55-74
- Smith, L.W. y Calvert, C.C. 1976. Dehydrated broiler excreta versus soybean meal as nitrogen supplements for sheep. Journal of Animal Science, 43:1286
- Smith, L.W. y Wheeler, W.E. 1979. Nutritional and economical value of animal excreta. Journal of Animal Science, 48:144-156
- Stanogias, G. y Pearce, G.R. 1978. Digestibility by cattle of diets containing dried pig faeces. Animal Feed Science and Technology, 3:155-
- Taiganides, E.P. 1963. Characteristics and treatment of wastes from a confinement hog production unit. Ph.D. thesis. Iowa State University. Ames,
- Van Dyke, N.J., Prince, T.J. y Hill, D.T. 1986. Digestibility and utilization of energy and protein in screened swine waste solids by gestating gilts. Journal of Animal Science, 63:1150-1155.