



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

División de Estudios Superiores
CUAUTITLAN

Revisión Bibliográfica sobre Manejo y
Utilización de las Excretas Producidas
en Criaderos Porcinos, como Fertilizantes y en Producción de Alimentos.

T E S I S

Que para obtener el título de:
MEDICO VETERINARIO ZOTECNISTA

p r e s e n t a

GERARDO MARISCAL LANDIN

ASESOR: M.V. DIPL. PAT. RAUL SCHINCA FELITTI

SUPERVISOR TECNICO: M.V.Z. PH. D. ERNESTO MICHEL NAVA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CUAUTITLÁN"

DEPTO. DE EXTENSION
UNIVERSITARIA

La Dirección a través del Departamento ha designado a ustedes señores profesores, para integrar el examen que se describe a continuación.

PASANTE: GERARDO MARISCAL LANDIN

CARRERA: LIC. EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESIDENTE: *Carmen Guardiola*
MVZ. CARMEN GUARDIOLA DE MICHEL

VOCAL: *Raúl Arturo Harc Ruz*
M en C. RAUL ARTURO HARC RUZ

SECRETARIO: *Roberto Scatena Felitti*
MVZ. ROBERTO SCATENA FELITTI

1er. SUPLENTE: *Carlos Huanano Caras*
MVZ. CARLOS HUANANO CARAS

2o. SUPLENTE: *Carlos M. Appendini Tazzer*
MVZ. CARLOS M. APPENDINI TAZZER

Atentamente.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Iscalli, Méx., a 23 de septbre. 1980.

QFB. MA. DEL PILAR RAYOS RAMOS.

INDICE

	Pág.	
I	INTRODUCCION	1
II	ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD	3
III	OBTENCION Y MANEJO	6
	A) Características de un Sistema Ideal de Manejo y Disposición de Excretas.	6
	B) Excreta Sólida	7
	C) Excreta Líquida	8
	1) Pasillo de deyecciones.	8
	2) Piso de Slats (Enrejillado)	8
IV	ALMACENAMIENTO	11
	A) Excreta Sólida	11
	B) Excreta Líquida	11
	1) Almacenamiento en Tanque bajo los pisos de rejilla.	12
	2) Almacenamiento Aéreo	13
	3) Almacenamiento Subterráneo	13
V	OLOR	14
	A) Principios del Control del Olor	16
VI	TRATAMIENTO	19
	A) Terminología de las Mediciones efectuadas en las excretas.	19

	Pág.
1) Demanda Biológica de Oxígeno	19
2) Demanda de Oxidación Química	20
3) Equivalente de Contaminación	20
 B) Métodos de Tratamiento.	 21
1) Tratamiento Biológico	21
a) Aeróbico	22
i) Laguna	22
ii) Tanque de Oxidación	23
iii) Filtros de Alta Taza Biológica	24
iv) Estercolero Aeróbico	25
b) Anaeróbico	25
i) Laguna	26
ii) Digestión Anaeróbica	27
iii) Ensilaje	27
2) Tratamiento Físico	27
a) Secado	
i) Secado Natural	28
ii) Secado Artificial	28
3) Separación Mecánica	29
4) Tratamiento Químico	29
 VII UTILIZACION.	 31
A) Fertilizante.	31
1) Factores que afectan el valor de la excreta como fertilizante	31
2) Nutrientes para las plantas.	31
a) Nitrógeno	32
b) Fósforo y Potasio	33
c) Elementos traza	33

	Pág.
3) Riesgos de su Utilización	34
a) Intoxicación por cobre	34
b) Transmisión de enfermedades	36
4) Sistemas de Aplicación	37
a) Sólido	37
b) Líquido	37
i) Aspersión	38
ii) Sistemas de Irrigación con pipas	38
ii I) Pipa con tubo de goteo	38
ii II) Inyección en el suelo	39
ii III) Sistema de barras.	39
ii IV) Barra de Goteo	39
5) Tasas de Aplicación	
B) Producción de Biogas	40
1) Bases de la Producción de Biogas	41
a) Factores que influyen en la Producción de Biogas.	43
i) Temperatura	43
ii) pH	43
iii) Humedad	43
iv) Amoníaco	44
2) Sistemas de Producción	45
C) Alimentación	46
1) Alimento para cerdos	46
a) Líquido del Tanque de Oxidación	46
b) Sedimento del Tanque de Oxidación	48
c) Excreta tratada anaeróbicamente	50
d) Excreta seca	50
e) Ensilaje de excreta	52

	Pág.
2) Alimento para otras especies	54
a) Rumiantes	54
b) Pollos	55
c) Peces	55
3) Sustrato para Síntesis de Proteína Microbiana e Insectos	56
4) Presencia de Patógenos	56
5) Residuo de Drogas	57
VIII APENDICES.	58
A) Tablas	58
B) Figuras	75
C) Gráficas	77
IX BIBLIOGRAFIA.	79

I INTRODUCCION

La ganadería nacional y en particular la porcicultura, para poder hacer frente a la demanda de alimentos de origen animal por parte de la población del país, ha intensificado su producción, aumentando el número de cabezas de 9 970 381 cerdos en 1970 (V Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal 1970; citado por Flores y Agraz, 1979) a 15 594 098 cerdos, población estimada para 1980 (D.G.E.A. 1976) y para hacerla más eficiente se ha incrementado la producción de cerdos en confinamiento para poder tener un mejor control y una mayor tasa de extracción.

La intensificación en el número de cerdos por granja ha creado numerosas situaciones las cuales necesitan nuevos conceptos para un óptimo y eficiente manejo, una de estas áreas es el manejo y disposición de las excretas.

Un buen manejo de las excretas proporciona un mayor confort al cerdo, pudiéndose disminuir la incidencia de olores desagradables y la presencia de moscas y roedores, obteniendo una mejor respuesta por parte del animal y evitando la contaminación del medio ambiente.

El presente trabajo trata los aspectos relacionados con el manejo de las excretas porcinas y se plantean los posibles usos que se le pueden dar a las mismas. El objetivo esperado es que al conocer el productor la utilidad potencial del excremento de cerdo cambie su idea hacia él, y ya no lo siga considerando un desecho de la producción pecuaria y aprenda a evaluarlo como un subproducto al que es factible sacarle algún provecho.

II ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD

Para poder estimar la cantidad de excretas porcinas que se producen en el país, se tiene que conocer el monto de la población porcina de México, la cual se calcula actualmente en 15 594 098 cerdos (D.G.E.A., 1976), además se tiene que conocer la cantidad producida por un cerdo al día, para así manejar cantidades estimadas de producción de excretas, para lo que se vertirán datos de las diferentes fuentes consultadas.

Se calcula que un cerdo produce "en crecimiento finalización de 5-8% de su peso vivo (P.V.) de excremento por día de los cuales un 10-15% es Materia Seca (M.S.),... un cerdo de 45 Kg producirá 2.9 Kg de excreta húmeda y 0.36 Kg de M.S. diariamente" (Conrad and Mayrose, 1971); "la cantidad total de excretas (Heces + Orina) por día es sobre 3.49 Kg/ 45.4 Kg de P.V.; - ésto equivale al volumen de 3.785 l o 0.0035 m³" (Jensen, et. al. 1972); "el promedio de la producción de excretas en engorda, puede ser de un décimo de su peso vivo por día (Sólido y Líquido), en otras palabras sobre 2.72 Kg/día/45.4 Kg de Peso Vivo, a cerca de 6.35 Kg/día al peso de mercado. O sea sobre 1.36 Kg de heces y 4.73 l de orina por día promedio desde el destete -

al sacrificio" (Gadd, 1973); "un cerdo de 45 Kg de peso vivo producirá un volumen diario de 7-9 l, de los cuales 45% es de heces y 55% de orina" (Douglas, 1977); "68.08 Kg de cerdo producen -- 3.785 l de excreta líquida por día" (Thornton, 1975); "por cada 60 Kg de cerdo vendido, produce sobre 10 veces su peso en orina y excremento" (Robertson, 1976 y Walter, 1979); "por cada unidad cerda en un criadero de ciclo completo la cantidad de excreta húmeda debe estar sobre 13 ton./año o 1.3 ton./año de Materia Saca" (Sweeten, 1979); "el cerdo adulto produce unos 2000 Kg al año de excretas, o sea de 5-6 Kg diarios. En general 5.5 Kg se reparten así 1.88 Kg de heces y 3.66 Kg de orina" (Flores y Agras, -- 1979), ver tablas 1 y 2.

La cantidad de excreta obtenida varía en razón de la dieta que reciba el animal, consumo de la misma, edad, sexo, -- cantidad de agua ingerida por el animal, sistema de manejo (sólido y líquido) y por la adición de materias extrañas (cama, alimento, fugas de agua) que se mezclen con la excreta.

Como se ve hay gran variedad en las estimaciones de la cantidad de excretas producidas por día, tomando en cuenta el -- dato de Jensen, et. al. (1972), el cual dice que se producen -

diariamente 3.49 Kg/45.4 Kg de P.V. y se asume que los 15 594 098 cerdos del país pesan 45.4 Kg se obtendrá una producción de - - - 54 501 372 470 Kg por día, lo cual nos dará una producción anual estimada en 19 893 000 951.55 Kg de excretas, si se toma el dato de 3.78 l para obtener el volumen se obtendrá una producción diaria de 58 923 650.89 l y una producción anual de 21 507 132 374.85 l.

La producción estimada nos muestra que la cantidad de excretas porcinas producidas anualmente es enorme, por lo que se deben buscar alternativas viables de aprovechamiento de las mismas.

III OBTENCION Y MANEJO

En años recientes el estiércol ha obtenido una mayor consideración en la planeación de nuevas granjas, y en muchos casos en la expansión de las ya existentes, como resultado de la crisis de energía y las reglamentaciones acerca del medio ambiente por lo que se requiere una planeación individual debido a las variaciones en el tamaño, configuración, topografía, tipo de suelo, lluvias y otros factores como manejo y regulaciones locales (costo, trabajo requerido, preferencia del porcicultor, flexibilidad del sistema y dependencia de éste).

A) Características de un Sistema Ideal de Manejo y Disposición de Excretas.

"Es el que permite el mejor comportamiento por parte del cerdo, que es indicado por ganancias de peso óptimas y la mayor eficiencia de conversión y calidad de la canal, que no reduzca la cantidad de oxígeno disponible y que por ventilación mantenga los gases nocivos por debajo de los niveles tóxicos y los olores a niveles mínimos,... debe ser automatizado y requerir una cantidad mínima de mantenimiento siendo económicamente operable"- (Conrad and Mayrose, 1971); "quizá una de las propiedades más im

portante de la excreta porcina, es su contenido de Materia Seca (M.S.), la cual puede ser de un 5-10% con amplias variaciones, pudiendo deberse éstas a una adición intencional o accidental de otros materiales" (Robertson, 1976 y Walter, 1979).

La obtención de la excreta porcina depende del sistema de manejo adoptado, pudiendo ser manejada como sólido o líquido.

B) Excreta Sólida.

Fue el sistema primeramente utilizado cuando se pasó de la explotación al aire libre a explotaciones en confinamiento, "presenta mucho menos problemas para el medio ambiente que la excreta líquida" (Goulding, 1978); se minimiza el material a manejar, es altamente olorosa, propicia el crecimiento de moscas y roedores, puede ser utilizada cama de paja, la cual absorberá los líquidos, "la cantidad de paja usada es generalmente de 50.85 Kg por Lechón a 101.68 Kg por puerco finalizado, esta paja permitirá que se reduzca el volumen un 5% por pérdidas de peso por mes en forma de calor y gases" (Gadd, 1973); "todos los suelos de los locales deben tener una pendiente mínima de 3.5 a 4 cm. por metro para permitir un drenaje adecuado" (Pond

and Maner, 1974).

Su recolección puede ser manual, automática o con -- aparatos mecánicos como el tractor con rastrillo, "es muy laborioso y generalmente indeseable por la frecuencia de limpieza -- para que se mantenga una condición sanitaria relativamente aceptable" (Conrad and Mayrose, 1971).

C) Excreta líquida.

Han sido usados dos tipos de sistema:

1) Pasillo de deyecciones: Canal superficial que periódicamente es limpiado para remover las excretas del edificio, la limpieza periódica atrae a los cerdos al canal y los induce a defecar, "puede reducir el costo del edificio en un 30%" (Mugling, 1978), hay reducción del olor por el vaciado periódico, existe la posibilidad de transmisión de patógenos.

2) Piso de slats (Enrejillado): Consta de una fosa profunda bajo los slats que al ser limpiada lleva las excretas a un depósito exterior, el piso enrejillado puede ser parcial o total (ver figura 1). Se debe tomar en cuenta en su construcción que las aberturas entre los listones para facilitar la lim-

pieza por el pisoteo del cerdo sean adecuadas al tamaño del mismo, "12 mm para cerdos jóvenes, 15 mm para cerdos de engorda, - y 18 mm para cerdos maduros" (Pollard, 1976); ver tabla 3.

La evacuación puede hacerse de varias maneras "mediante flujo de agua, bomba a presión, gravedad, etc., la cuestión es que el excremento siga un descenso paulatino hacia niveles inferiores" (Walter, 1979); ver figura 2.

"La pendiente debe ser de 1-2%" (Muehling, 1978); la frecuencia del vaciado varía grandemente dependiendo de las dimensiones de la fosa, tipo de superficie, cantidad de excretas sobre la superficie y la fuerza de la corriente, "la frecuencia del vaciado de 2 a 4 veces al año parece ser adecuada en la mayoría de los casos" (Vanderholm, et. al., 1979); "las fosas deben ser vaciadas cuando menos cada 3-4 semanas, especialmente en verano" (Osborne, 1973); la cantidad de agua recomendada para la limpieza del canal es de "1.89 l de agua por 1.74 m² de área de slat por puerco" (Gadd, 1973); "359.5 l por día por "unidad de cerda", asumiendo una concentración de 1% de los sólidos para el producto final" (Sweeten, 1979); "la velocidad de flujo debe ser no menos de 55.7 cm por segundo; para el canal abierto se requieren -

140 l por cada 27.8 cm de anchura, para fosa bajo el piso anrejillado se requieren 220 l por cada 27.8 cm. de anchura de la fosa " (Muehling, 1978).

La producción de excreta líquida también puede ser afectada por los métodos de alimentación y las pérdidas de agua de los bebederos situados sobre los slats, se puede hacer mucho para minimizar el volumen del almacenamiento requerido, por ejemplo evitar la dilución excesiva, se puede utilizar agua limpia o reciclada para coleccionar el excremento y llevarlo al tanque de recolección, "el reciclaje del agua puede llegar a hacer desagradable su olor, del otro modo la dilución de la excreta es mayor, aumentando el volumen a ser almacenado" (Pollard, 1976); - "cuando el excremento en los canales o fosas está siendo removido, todas las puertas de entrada deben abrirse y los ventiladores deben estar funcionando, la porqueriza bien ventilada y los lechones inspeccionados frecuentemente" (Osborne, 1973).

Se recomienda hacer los canales impermeables y usar una barda o pared para proteger de las excretas los ojos y las vías respiratorias de los operarios.

IV ALMACENAMIENTO

A) Excreta Sólida.

El estiércol suele depositarse en estercoleros exteriores de gran capacidad, se considera que la misma debe ser para unos 6 meses, de esta forma se evita la contaminación y se guarda la substancia para el abono a la tierra en el momento oportuno, por este método se controlan bastante las moscas ya que las larvas son destruidas en el proceso de fermentación, la dimensión del depósito estará en función del número de animales de la explotación; para calcular correctamente la dimensión es conveniente conocer la producción diaria de excremento por cabeza "además debe considerarse el espacio que ocupa el estiércol en un metro cúbico, en el cual se almacenan aproximadamente de 500 a 1000 Kg, dependiendo del grado de humedad, siendo el término medio 750 Kg" (Flores y Agraz, 1979).

B) Excreta líquida.

Con el continuo crecimiento de las grandes granjas de cría intensiva hay razones obvias por las que la solución del problema del almacenamiento de las excretas líquidas se ha vuel-

to esencial; el almacenamiento adecuado es necesario para evitar las posibles contaminaciones de corrientes de agua y también para que puedan ser aplicadas a los pastos y cereales en el tiempo apropiado para obtener el mejor resultado como fertilizante, "es necesario porque en otoño e invierno disminuye la cantidad de nutrientes aprovechables para las cosechas, comparado con primavera y verano, ya que aumenta el riesgo de aguacero o nevada" (Goulding, 1978); "idealmente debe proveerse el volumen suficiente para un almacenaje de 6 meses, para que sea aplicada en estación de crecimiento de los cultivos y como medida de seguridad contra posibles causas de contaminación del agua como resultado de la aplicación de la excreta líquida bajo condiciones adversas" (Robertson, 1976).

1) Almacenaje en Tanque Bajo los pisos de rejilla.

Es el método más común ya que su costo inicial es relativamente bajo pero tiene los siguientes inconvenientes: mal control del olor, pobre respuesta del animal y mal control de las moscas. La capacidad del tanque depende del tiempo que quiera ser almacenada la excreta (ver tabla 4). Cuando el almacenamiento se hace en el exterior y la capacidad del tanque bajo los slats es limitado, la instalación debe ser hecha para que la excreta

líquida fluya por gravedad a un tanque de almacenamiento o en el caso de tanque aéreo fluya al foso de recepción para ser transferida por bombeo al tanque. (ver figuras 3 y 4).

2) Almacenamiento Aéreo.

Se ha hecho popular en los últimos años, puede ser hecho de acero (recubierto de esmalte o fibra de vidrio) o de concreto (tiene que ser impermeabilizado), la excreta líquida es retornada al recipiente de recepción por una cañería para su deposición final, se proporcionan diferentes tamaños y capacidades de almacenaje de los dos sistemas, (ver tabla 5).

3) Almacenamiento Subterráneo.

Construcción barata, cómoda y rentable dependiendo del tipo de suelo (las lagunas trabajan mejor en suelos arcillosos y otros de tipo impermeable), " para su construcción se puede -- emplear concreto, acero corrugado, galvanizado, paneles de madera y materiales sintéticos" (Thornton, 1975); puede ser llenado por gravedad; en lo general parece tener un uso limitado por el costo.

V O L O R

La actividad biológica de la excreta líquida es continua, por lo que hay formación de gases "amoníaco, bióxido de -- carbono, ácido sulfhídrico y metano" (Jensen, et. al., 1972); "y un gran grupo de compuestos orgánicos tales como aminas, mercaptanos y escatoles" (Conrad and Mayrose, 1971); estos gases cuando se encuentran en el aire producen olor, pudiendo llegar a niveles tóxicos debido principalmente a una mala ventilación.

El amoníaco (NH_3) es irritante y tiende a producir in-tranquilidad en los cerdos. "Trabajando con cerdos expuestos a 10, 50, 100, 150 ppm (partes por millón) mostraron que no hubo -- diferencias en el tracto respiratorio, pero concentraciones dos- veces mayores tuvieron efecto adverso altamente significativo -- sobre el consumo de alimento y ganancia diaria y triplicándose -- la presencia de tos" (Stombaugh, Teague and Roller, 1969; cita- dos por Conrad and Mayrose, 1971); "concentraciones de 124 ppm -- han sido encontradas al nivel del piso cerca de la fosa de excre- ta líquida" (McAlister and McQuitty, 1965; citados por Conrad - and Mayrose, 1971); Drummond, et. al. (1980) trabajando con cer- dos recién destetados que tenían un peso promedio de 8.4 Kg, los

expuso durante 4 semanas a concentraciones de 0,50,100 y 150 ppm de amoníaco, obteniendo los siguientes resultados: disminuyó el peso en un 12, 30, 29% con los niveles de 50, 100 y 150 ppm de amoníaco respectivamente comparándolos con el grupo control; -- además se presentaron los siguientes signos clínicos: lagrimeación excesiva en los cerdos expuestos al amoníaco, desarrollándose lunares negros, siendo su tamaño proporcional a la concentración de amoníaco, secreción nasal en los cerdos expuestos a 150 ppm de amoníaco, las secreciones tendieron a hacerse mucopurulentas, "cerdos expuestos continuamente a niveles mayores de 20 ppm de ácido sulfhídrico (H_2S) desarrollan fotobia, anorexia e irritabilidad, otros síntomas incluyen vómito, náusea y diarrea" -- (Tiaganides and White, 1969; citados por Conrad and Mayrose, -- 1971); " un agudo envenenamiento con concentraciones de 800 ppm o más, los síntomas son náusea repentina, inconciencia y muerte" -- (Conrad and Mayrose, 1971); " el metano (CH_4) no es considerado un gas tóxico, pero puede acumularse en concentración suficiente para considerarse un riesgo de explosión, se recomienda mantenerlo a un nivel menor al 5%" (Conrad and Mayrose, 1971).

"Poderosos olores orgánicos como el de las aminas, mercaptanos, sulfitos, ácidos orgánicos y escatoles son los mayores componentes de los olores de las excretas porcinas" (Miner and-

Hezen, 1969; citados por Conrad and Mayrose, 1971); su efecto en el rendimiento del cerdo no es conocida, ver tabla 6.

A) Principios del Control del Olor.

Los principios son sencillos y se basan en que "para que el olor sea detectado debe ser: a) formado, b) estar presente en la atmósfera y c) transportado al sitio del receptor" (Ronald, et. al., 1979); estos tres principios proveen las bases para la mayoría de las técnicas de control del olor ya que si alguna de estas etapas es inhibida el olor disminuye.

Los métodos para controlar la formación del olor generalmente inhiben la actividad biológica en las excretas, "la reducción de la humedad es el método más usado, si la excreta se encuentra con una humedad de menos del 40% la descomposición anaeróbica se detiene, otras técnicas incluyen la clorinación, ajuste del pH y control de la temperatura" (Ronald, et. al., 1979); "una alternativa es la adición de cal hidratada a excretas no aereadas en el tanque para controlar el pH y reducir la formación de ácido sulfhídrico (H_2S) y bióxido de carbono (CO_2)" (Conrad and Mayrose, 1971).

Aunque los olores pueden originarse en la excreta alma-

cenada no serán detectados a menos que puedan escapar a la atmósfera, "el medio más común para inhibir el escape es el uso de tanques de almacenamiento cubiertos" (Ronald, et. al. 1979); o la alteración química del compuesto oloroso de mayor concentración.

El tercer medio para controlar el olor es inhibir el transporte del olor desde la excreta al área donde el control es necesario, " cuando la distancia sola es usada como método, se debe esperar que bajo condiciones climáticas apropiadas para su diseminación el olor puede ser transportado hasta más de una milla" (Ronald, et. al. 1979).

En confinamiento los métodos empleados de remoción de excretas, transportación de las mismas y el manejo empleado son los más importantes para el control del olor.

Cuando las técnicas antes mencionadas no son aplicables se pueden utilizar otras como los controles químicos de olor, -- aunque es considerada como una alternativa cara. Se pueden utilizar algunas de las siguientes técnicas:

a) Agentes enmascaradores:

Tienen un olor más fuerte y son de olor más agradable que el que van a enmascarar.

b) Agentes contraatacantes:

Son sustancias que al reaccionar con el olor producen una menor intensidad del mismo.

c) Agentes absorbentes.

d) Productos enzimáticos:

Por alterar el patrón biológico de la descomposición de la excreta son aprovechables para el control del olor.

VI TRATAMIENTO

Frecuentemente es antieconómico, poco práctico y ambientalmente inaceptable el disponer de las excretas porcinas en su estado natural y por esta razón, varios procesos de tratamiento han sido desarrollados para ayudar a evitar la contaminación causada por las mismas, que pueden ser manejadas posteriormente al tratamiento sin riesgo o con un riesgo mínimo.

A) Terminología de las Mediciones Efectuadas en las Excretas.

1) Demanda Biológica de Oxígeno (BOD "siglas en inglés").

"Prueba por la cual se mide el grado de contaminación en términos de demanda de oxígeno, en donde las condiciones aeróbicas deben ser mantenidas, se mide el oxígeno requerido por las bacterias aeróbicas en un tiempo estandarizado de 5 días y a una temperatura de 20°C. En promedio es de 145.8 g - por cerdo/día" (Anónimo, 1979); "se expresa usualmente en - - mg/l" (Anónimo, 1975); " es una medida indirecta del requerimiento de oxígeno por las bacterias aeróbicas mientras se estabiliza la materia orgánica factible de descomposición" (Albin,

(1971).

- 2) Demanda de Oxidación Química (COD "siglas en inglés").

Esta es la medida de la oxidación química de la materia orgánica en las excretas, "es en promedio de 1.4 por 45.4 Kg de Peso Vivo" (Anónimo, 1979); "es la medida indirecta del grado de contaminación" (Albin, 1971); es una prueba más rápida y fácil de llevar a cabo.

- 3) Equivalente de contaminación (PE "siglas en inglés").

"Compara el grado de contaminación de las excretas animales con las excretas domésticas, el BOD para un cerdo es de dos, por lo tanto el BOD de las excretas porcinas es igual al doble del de las humanas" (Anónimo, 1979).

La tabla 7 muestra los valores de (BOD) de la excreta porcina, humana y los niveles máximos tolerados por la "Royal Comisión" (Inglaterra), cuando se quieren verter en corrientes de agua superficiales.

"Una de las propiedades de la excreta porcina es que es potencialmente fuente de contaminación de agua y aire. La excreta de cerdos en crecimiento-finalización tiene una demanda bioquímica de oxígeno (BOD) de aproximadamente 30'000 mg/l" (Robertson, 1976); "La Royal Commission establece que para que pueda ser descargada en ríos debe ser de 20 mg/l, las excretas domésticas están en el rango de 350-450 mg/l y la de los cerdos puede estar en el rango de 12 000 - 15 000 mg/l" (Anónimo, 1975).

B) Métodos de Tratamiento.

Los métodos utilizados para tratar las excretas, pueden dividirse en: Biológicos, Físicos y de Separación Mecánica; hay sistemas que son la combinación de varios métodos para obtener un mejor resultado.

1) Tratamiento Biológico.

Se basa en el uso de bacterias, pudiéndose dividir en: Aeróbico (en presencia de oxígeno) y Anaeróbico (en ausencia de oxígeno).

a) Aeróbico.

"Degrada la materia orgánica hasta agua (H_2O) y bióxido de carbono (CO_2), mucho del nitrógeno (N) es convertido en nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2), su desventaja es que no es eficiente cien por ciento, hay usualmente 40-50% de pérdidas en sólidos volátiles " (Anónimo, 1979);" las bacterias aeróbicas requieren oxígeno libre y desdoblan los sólidos en bióxido de carbono, agua, nitratos y nitritos que son inodoros, pero solamente los descomponen en un 40-50% en 3-6 meses" (Flores y Agraz, 1979); "un sistema aeróbico puede ser definido como todo sistema, donde el aceptor final del hidrógeno en la oxidación del carbono es el oxígeno" (Albin, 1971).

Beneficios: descompone sólidos, produce gases inodoros, destruye organismos patógenos, reduce la contaminación y la concentración de minerales.

i) Laguna.

Permiten mayor capacidad de almacenamiento, su construcción resulta económica y permite la ampliación de su capacidad, los productos finales pueden usarse para irrigación -- ya que, los sólidos y líquidos se encuentran estabilizados, --

son inodoros y lo suficientemente finos para no obstruir los sistemas de riego. "Cuando la radiación solar es escasa se recomienda que las lagunas no tengan más de 1.2 a 1.5 m de profundidad, y donde es abundante, debe ser de 3.0 a 3.6 m" (Flores y Agraz, 1979);" se requiere de 0.028 m por cada 0.454 Kg de cerdo vivo. Para condiciones aeróbicas naturales un volumen mínimo de 0.226 m³ es requerido por cada 0.454 Kg de cerdo y el estanque debe ser de 91.44 - 152.4 cm. de profundidad " (Jensen, et. al., 1972); "otros autores recomiendan -- 1.8 m² por animal o sea una hectárea de laguna para 5436 cerdos "(Flores y Agraz, 1979);" la eficiencia depende de la cantidad de excretas, tamaño de la laguna, suplementación de oxígeno y tiempo de tratamiento,... y el producto final -- tiene alrededor de 100 mg/l (BOD)" (Anónimo, 1975).

ii) Tanque de Oxidación.

El efluente es tratado en un tanque oval, el cual rodea las instalaciones o forma un sistema separado, combina el concepto de laguna aeróbica con la adición de paletas para la agitación de los sólidos, el aire es introducido dentro -- del tanque por medio de la paleta rotatoria, "debe tener una --

capacidad mínima de 0.28 m^3 por cada cerdo de 72 Kg de peso" - "(Florez y Agraz, 1979);" la eficiencia de este sistema depende de la concentración de BOD, la cantidad de oxígeno suplementado, la capacidad del tanque y el tiempo permitido, ... el efluente final tiene alrededor de 50-100 mg/l (BOD)" (Anónimo, 1975).

Ventajas: "Formación de proteína celular a partir de Nitrógeno no Proteico, control de patógenos específicos, deodorización" (Arndt, et. al., 1979).

Desventajas: "Sus requerimientos de energía y mantenimiento son caros" (Vanderholm, 1979).

iii) Filtros de Alta Tasa Biológica.

"Están montados en una torre para aumentar la superficie de contacto, están hechos principalmente de plástico, - la excreta líquida es bombeada a lo alto de la torre y por goteo es filtrada, un cultivo bacteriano es formado ayudando a romper la materia orgánica, es necesario que el aire circule para proveer oxígeno, se considera un tratamiento tosco" (Anónimo, 1975);" es eficiente en la purificación de las excretas,

ellos mantienen una gran superficie para el cultivo bacteriano metabolizando el material orgánico potencialmente contaminante" (Goulding, 1978).

iv) Estercolero Aeróbico.

"Es un método para la estabilización del material sólido orgánico, el material debe ser inodoro, los insectos no deben ser atraídos a la masa, las bacterias putrefactoras no deben estar activas, las bacterias coliformes no deben ser detectadas y la reducción de la temperatura interna debe ocurrir" (Tiaganides, 1968; Wells, et. al. 1969; citados por Albin, 1971); sus desventajas son "grandes pérdidas de nutrientes" (Arndt, et. al. 1979).

b) Anaeróbico.

"Descompone más materia orgánica por unidad de volumen, puede ser utilizada para producción de metano, aumenta las características del agua, reducción del volumen de sólidos, reduce el olor" (Anónimo, 1979); " las bacterias anaeróbicas obtienen el oxígeno del alimento que consumen, produciendo ácido sulfhídrico, amoníaco y mercaptano, que son oloxo--

sos y molestos, los cuales producen metano que es inodoro "(Flores y Agraz, 1979);" requiere control del medio ambiente-temperatura, pH y la presencia de materiales tóxicos, 75% de las excretas generan gas "(Anónimo, 1979)" un sistema anaeróbico puede ser definido como todo sistema donde el aceptor final de hidrógeno en la reducción del carbono orgánico es material orgánico, los productos finales de la descomposición anaeróbica son principalmente metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y agua"-- (Albín, 1971).

i) Laguna.

Las dimensiones recomendadas son: "11.3 a 28.3 m³ de volumen por cerdo finalizado al año,... otra forma de calcular la capacidad de la laguna es la siguiente: agua necesaria por Kg de cerdo 50 l, multiplicado por el número de cerdos en explotación y esto a su vez multiplicado por el peso de los cerdos igual a capacidad en litros que debe tener la laguna" (Flores y Agraz, 1979); "requiere una gran cantidad de tierra - - 5.66 m³ y una profundidad de 20.32- 30.48 cm, el producto final está sobre 2000 mg/l (BOD)" (Anónimo, 1975); las principales funciones de la laguna anaeróbica son remover, destruir -

y estabilizar la materia orgánica, pero no necesariamente purificar el agua.

ii) Digestión Anaeróbica.

Bajo condiciones controladas se puede obtener metano, pudiendo ser autosuficiente y al sobrante darle uso, se requiere mantener presión, acidez y temperatura, "la eficiencia de este proceso dependerá del tipo de ración y animal, los gases producidos contienen entre 50-70% de metano" (Albin, 1971).

iii) Ensilaje.

"Ventajas: Buena aceptación por el animal, bajas -- pérdidas de nutrientes, ... permite el control de patógenos después de la tercer semana, deodorización; sus desventajas son: Dilución del material en el tiempo de ensilaje, habilidad esta cional de forraje, requiere facilidades para el almacenamien-- to" (Arndt, et. al. 1979).

2) Tratamiento Físico.

a) Secado.

Reduce la cantidad de excreta manejada, puede ser -- llevado a cabo por dos procedimientos.

i) Secado Natural.

Utilidad limitada por bajas tasas de secado, limitado a regiones áridas y semiáridas, ventajas: "baja contaminación del aire, fácil de apilar, bajos costos de energía en el secado, bajos requerimientos de manejo; desventajas: altas -- pérdidas de Nitrógeno, ... pérdida de nutrientes energéticos -- relativamente altas, puede contener patógenos, el material seco contiene trozos que requieren pulverización" (Arndt, et. al. -- 1979).

ii) Secado Artificial.

Su uso no está muy difundido en la porcicultura, por el alto contenido de agua de la excreta porcina, "calentadores de gas o gasolina son usados a los 95°C para evaporar el agua" (Goulding, 1978).

Ventajas: "Fácil de apilar, las altas temperaturas matan a los patógenos, la materia seca es deodorizada, desventajas: la contaminación del aire puede ocurrir durante el proceso, requiriéndose equipo para controlar el olor, ... altos -- costos de energía en el proceso" (Arndt, et. al. 1979).

3) Separación Mecánica.

Un número creciente de granjeros, están ahora usando la separación como parte de su sistema de manejo "los productos finales son siempre de fácil manejo" (Hepherd, 1978); el sólido casi carece de olor y puede ser almacenado y manejado como abono de granja, el líquido es fácil de almacenar, sus desventajas son: altas pérdidas de nutrientes si los líquidos no son utilizados, los sólidos retenidos tienen bajo valor nutritivo, altos costos de operación y mantenimiento, alto costo inicial de equipo" (Arndt, et. al. 1979); la separación mecánica es usada frecuentemente en sistemas de tratamiento anaeróbico o aeróbico, "los sólidos que son removidos andan alrededor del 15%, pueden ser almacenados como abono" (Anónimo, 1975); "por medio de la separación puede ser reducido el BOD hasta un 20%" (Anónimo, 1979c).

4) Tratamiento Químico.

"Ventajas: la aceptación por el animal es incrementada, reducción de pérdidas por la recolección y reciclaje inmediato, no requiere de almacenamiento, deodorización, bajos requerimientos de energía y manejo, utilización de la fracción --

líquida y sólida; desventajas: requiere recolección y procesamiento diario, su corta vida de almacenamiento no permite tener una reserva, requiere equipo de mezclado, costo del químico" (Arndt, et. al. 1979).

Se han mencionado los principales tratamientos, por razones metodológicas se tratan aisladamente, aunque en la práctica se puedan presentar combinados.

VII. UTILIZACION

Las posibilidades de utilización de las excretas porcinas dependen del tratamiento que hayan recibido y se pueden usar como: fertilizante, para la producción de biogas y como alimento, ya sea para otras especies o para los propios cerdos.

A) Fertilizante.

1) Factores que afectan el Valor de la Excreta como Fertilizante.

El tipo y cantidad de nutrientes de la excreta de cerdo y su eventual aprovechamiento varía considerablemente, esto es debido a: "tipo y cantidad de alimento, método de colección y de almacenamiento de las excretas, adición de cama y/o agua, tiempo y método de su aplicación, características de la tierra, tipo de cosecha y clima" (Sutton, et. al. 1979).

2) Nutrientes para las plantas.

Las excretas varían ampliamente en su contenido de agua y nutrientes para las plantas, si son comparadas con fertilizantes comerciales generalmente, tienen un bajo valor en nutrientes para plantas, " el contenido total de nutrientes es

usualmente del 10-20% del de la mayoría de los fertilizantes -- químicos" (Pratt, 1979); ver tablas 8, 9, 10, 11.

Se recomienda hacer análisis rutinarios de la excreta para conocer su balance de nutrientes, ya que son afectados -- por el manejo a que haya sido sometida la excreta.

a) Nitrógeno.

Es afectado por el sistema de manejo empleado, "ocurren mayores pérdidas de N cuando la excreta es secada al sol y al aire o hay filtración por la lluvia, comparativamente -- ocurre poca pérdida de N cuando la excreta es embolsada o es -- usado un tanque de almacenamiento" (Sutton, et. al. 1979); "la excreta líquida almacenada por 24 hrs., puede perder de 6-8% -- de su contenido de N, a los 4 meses las pérdidas alcanzan -- 30-40%, pudiendo llegar a 40-50% en 6 meses, en un año puede perderse hasta el 75% del N" (Anónimo, 1977); "20-30% de N -- se perdió por volatilización en los primeros 4 días luego de colocarse en el suelo" (Anónimo, 1979); la tabla 12 nos -- muestra las pérdidas de N de acuerdo al sistema de manejo empleado.

b) Fósforo y Potasio.

"Sus pérdidas son mínimas (5-15%) para todos los sistemas, excepto para corrales en donde las pérdidas son del 40-50% de P" (Sutton, et. al. 1979); el cual se pierde por corrientes de agua o filtración, el Fósforo y Potasio pueden sedimentarse, "el 80% del P puede estar en el fondo del tanque" (Anónimo, 1979); "en la laguna las pérdidas varían del 50-80% de P" (Sutton, et. al. 1979); las "pérdidas" se producen -- cuando sólo el líquido es aplicado a la tierra; "el excremento líquido de cerdo contiene de 1-2% de P en la M.S., del -- cual 10-30% fueron moléculas orgánicas y 2-3% en microorganismos" (Gerritse and Zugec, 1977; citados por Wilkinson, 1979); la mayoría del K en la excreta es soluble en agua y realmente aprovechable, teniendo un rango de 75-90%" (Bear, 1942; citado por Wilkinson, 1979).

c) Elementos Traza.

Además, del N, P, K, la excreta contiene Ca, Mg -- y varios elementos traza, los cuales ayudan a mantener los -- niveles de estos elementos en el suelo, La excreta de cerdo -- además contiene "0.50 mg de Zn y 0.10 mg de Cu del total de --

sólidos" (Oversash, et. al. 1975; citados por Wilkinson, 1979); "la excreción de S fue reportada sobre 0.1 g S excretado en heces de 100 g de alimento comido, el resto es excretado en la orina" (Wilkinson, 1979); la tabla 13 muestra el contenido de Ca, Mg y S en las excretas.

3) Riesgos de su utilización.

Al utilizar la excreta porcina como fertilizante se corre el riesgo de provocar intoxicación por cobre a través de las plantas ingeridas o de transmisión de enfermedades.

a) Intoxicación por Cobre.

"Cuando se aumentan los niveles de aditivos (cobre, arsénico),... habrá cambios en la concentración de estos elementos" (Sutton, et. al. 1979); "el único elemento tóxico que se ha encontrado en la excreta del cerdo es el Cu. Este es derivado de la suplementación de Cu en raciones de engorda; el estiércol de estos cerdos puede contener hasta 500 pp^m de Cu en Materia Seca" (Chumbley, 1976); "el Cu asciende a 1.2 mg/g total de sólidos cuando ha sido adicionado a la ración" (Wilkinson, 1979); "el contenido de Cu en la Materia Seca de tres

excretas líquidas de cerdo osciló entre 643-1575 ppm" (Kornegay, et. al., 1976; citados por Wilkinson, 1979); "Berryman (1970) - encontró 675 mg Cu/Kg M.S. en excreta líquida de cerdo, cuando el Cu fué usado como promotor de crecimiento" (citado por Suttle and Price, 1976).

El reciclaje de excretas animales como fertilizante o como suplementos dietéticos constituye un riesgo potencial de intoxicación por Cu, especialmente en especies susceptibles -- como la oveja, "las cuales sufren intoxicaciones con dietas que contienen alrededor de 15 mg Cu/Kg M.S." (Suttle and Price, 1976).

La toxicidad del cobre en la excreta es afectada por las condiciones bajo las cuales la excreta es almacenada y fermentada " las condiciones anaeróbicas favorecen la formación de Sulfuro de Cobre (CuS) y por lo tanto de un cobre poco aprovechable y de mínima toxicidad " (Dalgarno and Mills, 1975; citados por Suttle and Price, 1976); " el riesgo de toxicidad por Cu depende parcialmente de la naturaleza de la dieta, es mayor cuando la dieta contiene bajas concentraciones de antagonistas del Cu como S y Mo lo que ocurre en las dietas ricas en cereales" (Suttle and Price, 1976).

b) Transmisión de Enfermedades.

La utilización de las excretas como fertilizante, lleva aparejado el riesgo de transmisión de enfermedades. "Azevedo and Stout (1974), mencionan 24 enfermedades potencialmente -- transmisibles por las excretas animales" (Citados por Pratt, - 1979); "la dispersión superficial de las excretas animales en -- tierras agrícolas, en la forma de excreta líquida presenta un -- mayor peligro de contaminación microbiana que el tradicional -- amontonamiento de la excreta, la cual provee una mejor oportu- nidad para la inactivación térmica de agentes microbianos" (Der byshire and Brown, 1978); "Jones, et. al. (1976) encontraron - Salmonellas en excreta líquida de cerdo de 12 granjas y E. coli patógena en 13 granjas de 54 que fueron muestreadas" (citado -- por Derbyshire and Brown, 1978); "cuando se esparció excreta lí- quida contaminada con S. typhimurium sobre pastos, los organismos se mantuvieron viables durante 18 días" (Taylor and Burrows, - 1971; citados por Derbyshire and Brown, 1978); "10 enterovirus- porcinos, 2 adenovirus porcinos y 1 coronavirus fueron aislados de 32 muestras de excretas porcinas" (Derbyshire and Brown, -- 1978); " la excreta líquida de cerdo puede contener cantidades -- significativas de enterovirus porcinos y éstos pueden mantener --

su inefectividad durante varios días, pudiendo difundirse y provocar enfermedades entre otros animales " (Derbyshire and Brown, 1978); "para la reducción de peligro de contaminación ambiental, dos tratamientos, aereación y adición de CACE parecen promisorios" (Derbyshire and Brown, 1979).

4) Sistemas de Aplicación.

El sistema de aplicación depende del tipo de excreta -
ya que puede ser aplicada como sólido o como líquido.

a) Sólido.

Presenta mucho menos problemas medio-ambientales que la excreta líquida, pudiendo ser esparcida en la tierra sin tratamiento previo con pequeños riesgos de olores molestos o contaminación del agua, también están presentes los riesgos de la -- transmisión de patógenos así como el de la concentración excesiva de nutrientes en la tierra.

b) Líquido.

puede ser efectuado por aspersion o por medio de pipas.

i) Aspersión.

"El principal objetivo es vaciar el depósito dentro de un tiempo razonable sin que exceda la capacidad de infiltración de la tierra, o el nivel de utilización de nutrientes de la cosecha" (Vanderholm, et. al. 1979); "proyecta grandes cantidades de volúmenes de excreta al aire, pudiendo ser detectado, el olor, hasta 5 millas a lo lejos" (Goulding, 1978).

ii) Sistemas de irrigación con pipas.

ii_I) Pipa con tubo de goteo.

"Causa más molestias ambientales que cualquier otro método" (Goulding, 1978); siendo además su distribución menos eficiente, por lo que se requiere de un mayor movimiento de la pipa.

ii_{II}) Inyección en el suelo.

El aparato es fijado atrás de una pipa convencional, se dirige la excreta líquida hacia la superficie del suelo; "es ambientalmente aceptable, porque no hay corriente en la superficie, el olor es mínimo y no hay rechazo de las pasturas - por parte de los animales" (Goulding, 1978); su costo es elevado.

ii_{III}) Sistema de barras.

Consta de una caja horizontal hueca la cual contiene un tubo de goteo, "el rechazo de las pasturas es probable porque la excreta líquida tiende a estancarse sobre la superficie" (Goulding, 1978).

ii_{IV}) Barra de goteo

Consiste en una barra hueca fijada atrás de la pipa, hay muy poca salpicadura y el olor es mínimo.

5) Tasas de aplicación.

"Una recomendación corriente es que no se exceda de 55 m³/Ha" (Robertson, 1976; Walter, 1979); "área de tierra para la disposición del abono, 2400 m²/unidad cerda" (Sweeten, 1979); (13 ton./año).

Para poder determinar cuanta excreta debe ser aplicada se debe conocer el valor aproximado como fertilizante de la misma al tiempo de aplicación y las necesidades de nutrientes de las plantas, "la excreta de cerdo debe ser aplicada a la tierra en tal cantidad que los nutrientes aprovechables no excedan gran-

demente el volumen utilizado por las plantas" (Sutton, et. al. 1979).

La excreta de cerdo no debe ser esparcida en épocas de lluvia o cerca de corrientes de agua, "El agua remueve excretas de la tierra si son aplicadas en tiempo o estación inapropiada" (Pratt, 1979); "en regiones áridas el contenido de sal de las excretas es de importancia y suficiente agua debe ser aplicada algunas veces al año para evitar la acumulación de iones solubles en la tierra" (Sutton, et. al. 1979); "la alta concentración de K en algunas, si no en la mayoría de las excretas animales, provoca un aumento en el K y altera su relación con Ca y Mg en las cosechas, ésto está relacionado con la tetania de los pastos" (Pratt, 1979); "una aplicación de excretas que proporciona un exceso de NO_3 en la tierra puede causar una acumulación excesiva de NO_3 en pastos y forrajes, e inducir una intoxicación por los mismos" (Pratt, 1979).

B) Producción de Biogas.

La energía de fuentes naturales renovables proviene de dos diferentes fuentes, primeramente de procesos físicos como el viento, sol y olas; y después de procesos biológicos como es la producción de biogas a partir de una biomasa, una diferencia-

importante es el papel que juega el hombre con su capacidad para manejarlos y manipularlos y por lo tanto afectar su nivel de producción; la energía proveniente de fuerzas físicas no puede ser incrementada por manejo (sol, marea, etc.), mientras que la cantidad de energía aprovechable de fuentes biológicas puede ser directamente afectada por el manejo del hombre.

"Los países en desarrollo que no pertenecen a la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), representan cerca del 40% de la población mundial, y en éstos los combustibles no comerciales (leña, desechos agrícolas, estiércol, etc.) llegan muchas veces a representar hasta el 90% del volumen total de energía consumida" (Hall, 1980).

1) Bases de la Producción de Biogas.

El principal agente biológico de la producción de metano (CH_4) son las bacterias, "dos grupos de microbios están involucrados: termofilicas activas de 45-70°C (R. Leedle; V. H. Varel and M.P. Bryant, datos no publicados; Converse, et. al. (1975); Zelkus and Wolfe, (1972) y mesofilicas activas a temperaturas menores, Mah. Mah, et. al. (1977) la fermentación se lleva a cabo en rangos de 5-8 pH" (Bryant, 1979); en la producción de --

biogas se suceden dos estados fermentativos: "estado formado de ácidos, lo inicia la bacteria fermentativa no metanogénica, la cual como grupo obtiene la energía para crecimiento por la hidrolización de polímeros y otros productos formándose ácidos grasos y otros ácidos orgánicos, alcohol, bióxido de carbono, hidrógeno, amoníaco y sulfito. El estado formador de metano (Bacterias formadoras de), las cuales obtienen energía para su crecimiento de productos originados en la primera etapa a bióxido de carbono y metano" (Bryant, 1979); "la mayoría de los microorganismos son holofíticos, que absorben nutrientes tanto de plantas como animales, la mayor cantidad de microorganismos son bacterias; se pueden considerar en tres grupos, ... anaerobias, anaerobias facultativas y aerobias, siendo las productoras de metano las bacterias anaerobias y anaerobias facultativas" (Douglas, 1977).

Como es un proceso biológico está determinado por: "la mayoría de la producción de gas se hará en la etapa de crecimiento" (Douglas, 1977).

Esto nos indica que a menos que haya una suplementación de nutrientes, la mayoría de la producción de gas se hará en la -

etapa de crecimiento bacteriano (ver gráfica 1), "donde hay una suplementación continua de sustrato fresco y por consiguiente -- una producción continua de productos de digestión incluyendo gases" (Douglas, 1977).

a) Factores que influyen en la Producción de Biogas.

i) Temperatura: Es el factor más significativo, afecta la tasa de producción y la producción total, "la digestión anaeróbica puede producirse de 5-55°C" (Douglas, 1977); "dos temperaturas óptimas son importantes, alrededor de 40°C en el rango mesofílico y cerca de 60°C en el rango termofílico" - - (Pfeffer and Liebman, 1976; citados por Bryant, 1979).

ii) pH: "El rango va de 4-9 para la mayoría de las especies, el pH óptimo está entre 6.7 - 7.4 y valores abajo de 6 y arriba de 8 son muy restrictivos" (Mc Carty, 1964; citado -- por Bryant, 1979; Douglas 1977).

iii) Humedad: La mayoría de las bacterias requieren altos contenidos de agua, es requerida por la disolución de nutrientes.

iv) Amoníaco: Altos niveles de amoníaco son producidos por las excretas animales, "cuando se utilizan grandes cantidades de excreta la toxicidad por NH_3 puede ocurrir, especialmente para pH alto donde el NH_3 no es ionizado" (Jewell, et. al., - 1976; citado por Bryant, 1979).

"La extensión de la digestión y la eficiencia en la producción de metano de una excreta está relacionada con dos importantes factores operacionales que son el tiempo de retención y la tasa de carga volumétrica de materia orgánica" (Bryant, - - 1979); "la tasa de producción depende de la temperatura, la producción total depende del tiempo y temperatura" (Douglas, 1977), la gráfica 2 muestra la relación entre producción y tiempo a temperaturas que varían de 10 a 30°C, se puede observar que el tiempo de retención puede ser acortado aumentando la temperatura.

La gráfica 3 muestra el efecto de la retención sobre la fermentación de excretas a 35°C, nótese que las proteínas y carbohidratos son rápidamente fermentados aún cuando el tiempo de retención es menor que un día y que los ácidos grasos para ser fermentados necesitan 5 días o más, "sustratos como la excreta del ganado vacuno tiene relativamente mayor cantidad de materiales --

celulósicos fermentables" (Bryant, 1979); "las excretas de cerdo puede esperarse que sean más altas en materiales realmente degradables porque no comen forrajes" (Smith, et. al. 1979).

2) Sistemas de Producción.

Puede ser una producción escalonada "se llena un digestor y se pone a funcionar permitiéndole llegar al final de su producción, vaciado y llenado de nuevo y puesto a funcionar" --- (Douglas, 1977); o ser una producción continua "puede ser de flujo regulado en el cual cantidades pequeñas son introducidas periódicamente; sistemas de desplazamiento convencional o sistemas de tasa alta de introducción en el que la excreta es cuidadosamente mezclada" (Douglas, 1977).

"El gas producido por un digestor contiene CH_4 , CO_2 , H_2O , NH_3 , los dos compuestos mayores son CH_4 y CO_2 " (Smith, et. al. 1979); "Maramba, indica que el gas obtenido puede estar entre 58.3- 70% de metano; 28.5-40% bióxido de carbono y 1.5- 2% de gases inertes" (Anónimo, 1979d); "la composición del gas por volumen está sobre 60% de metano y 40% de bióxido de carbono (Smith, et. al. 1979).

C) Alimentación

Las excretas pueden ser empleadas como fuentes de nutrientes para los animales, se estima que la excreta de cerdo es "de 3-10 veces más aprovechable como fuente de proteína por parte de los animales que como fuente de nutrientes para las plantas y es más utilizada como fuente de proteína que como fuente de energía" (Smith and Wheeler, 1979); su aprovechamiento como nutriente depende del tipo de manejo al que haya sido sometida y en su utilización se deben tomar en cuenta los riesgos que implican la presencia de patógenos, y residuos de drogas como antibióticos, aditivos, etc.

1) Alimento para cerdos.

Se han utilizado los siguientes tratamientos en excretas porcinas usadas como alimento para cerdos: tanque de oxidación, del cual se ha usado el efluente líquido y el sedimento sólido; digestión anaeróbica usando el residuo superficial anaeróbico seco; excreta seca y ensilaje con excreta líquida.

a) Líquido del Tanque de Oxidación.

En el proceso aeróbico la excreta de cerdo es digerida e incorporada a células microbianas, comunmente llamada proteína

simple celular. "El líquido del tanque de oxidación es una -- fuente de proteína microbiana, además contiene proteína indigestible, urea y otros componentes de la dieta" (Harmon, et. al. - 1972); ver tablas 14 y 15.

El líquido mezclado del tanque de oxidación (ODML), - ha sido utilizado repetidas veces a nivel experimental para alimentar cerdos, al respecto se pueden mencionar los trabajos de - Harmon, et. al. (1971), (1973), (1973a); Orr, et. al. (1973); y - Wax, (1972).

El primero de los cuales realizó 4 trabajos con cerdos en engorda (60-100 Kg), suministrando la comida en forma líquida agregando a raciones en base maíz-soya el líquido del - tanque como diluyente.

En dos de ellos; Harmon, et. al. (1971), (1973); comparó una dilución de 2 a 1 o de 2.2 a 1 utilizando agua o ODML, - comprobando que las ganancias diarias y la conversión alimenticia fueron mejores cuando se utilizó ODML.

En el tercer trabajo, Harmon, et. al. (1973), utilizó una dieta con solo maíz y llegó a la conclusión de que el - - ODML no sustituía en forma total a la soya, aunque los resulta-

dos de su utilización como diluyente fueron mejores que cuando se utilizó agua para los mismos fines.

En un cuarto trabajo, Harmon, et. al. (1973a), - comparó la utilización de un alimento seco, en base a maíz-soya y suministró agua o ODML ad-libitum, demostrando que el comportamiento de los animales era mejor cuando se les suministraba ODML como bebida.

(Orr, et. al. 1973; citados por Harmon, et. al. 1974) y Wax (1972) realizaron el mismo tipo de trabajo y llegaron a conclusiones similares, Wax (1972), concluyó que ni el olor, --sabor y aceptabilidad de la canal se vieron afectadas.

b) Sedimento del tanque de Oxidación.

"Cuando el sedimento del tanque de oxidación (ODR) -sustituyó el 16.5, 33.0 y 49.5% de la proteína en dietas para -ratas, las ganancias se redujeron a medida que aumentó el nivel de suplementación, la eficiencia alimenticia empeoró cuando el ODR fue aumentando en la dieta. Para determinar el aminoácido-limitante fueron adicionados Lisina y Triptofano a una dieta --maíz-ODR, la suplementación por separado no tuvo efecto, pero -con los dos juntos fue observada una pequeña mejora en la ganan-

cia y eficiencia" (Harmon, et. al. 1969; citados por Harmon, et. al. 1971); "cuando ODR sustituyó el 10.3% en una dieta maíz caseína mantuvo ganancias iguales a la dieta control, al 20.6% las ganancias de peso no se vieron seriamente reducidas pero la eficiencia alimenticia si" (Harmon, et. al. 1969; citados por Harmon, et. al. 1971); Harmon, et. al. (1972) llevaron a cabo 4 experimentos; en el experimento 1 el ODR sustituyó 0, 10.3, 20.6 y 31% de la dieta basal, en lugar de almidón y caseína, proveyendo 0, 16.6, 33.3 y 50% de la proteína; en el experimento 2 -- las mismas dietas fueron usadas, pero se sustituyó el almidón -- por ODR, siendo isonitrógenas; en el experimento 3 se sustituyó 0, 50 y 100% de soya con ODR en una dieta maíz-soya, y en un cuarto experimento se usó una dieta maíz-ODR (el cual sustituyó a la soya), y ésta era suplementada con 1.0% de Lisina HCl y 0.1% de Triptofano separadamente y en combinación, los resultados obtenidos fueron: en el primer experimento las ganancias de peso en las ratas alimentadas con 0 y 10.3% de ODR fueron similares y mayores que con las demás dieta, el consumo aumentó conforme el ODR aumentó en la dieta. El segundo experimento probó que la proteína proporcionada por ODR no fue biológicamente aprovechable, las ganancias de peso y la relación ganancia/alimento disminuyeron conforme la caseína fué sustituida por ODR. En el -

tercer experimento las ganancias de peso y ganancia/alimento -- fueron similares con la dieta maíz-soya o la dieta en que el -- ODR sustituía el 50% de la proteína de la soya; cuando la soya fué totalmente reemplazada hubo una depresión en las ganancias y eficiencia. En el cuarto experimento, la adición de Lisina o Triptofano no incrementaron las ganancias o la eficiencia pero hubo un pequeño incremento cuando se suplementó con los dos amino-ácidos (ver tabla 16).

c) Excreta Tratada Anaeróbicamente.

Se ha usado el Residuo superficial Anaeróbico Seco - (DASR), Harmon, et. al. (1973), sustituyeron 0, 10, 20 y 30% del maíz en la dieta basal o 16.8% (DASR) para 3% de soya y -- 13.8% de almidón en dietas para ratas; en otro ensayo 24 cerdos Yorkshire fueron alimentados con una dieta con 0, 10, 20% - (DASR). Las ganancias de peso y eficiencia alimenticia de las ratas y cerdos disminuyeron con el incremento de DASR.

d) Excreta Seca.

Diggs, et. al. (1965) alimentó a cerdos en finalización con excreta seca, su dieta control era una ración con 14% de PC a base de maíz-soya, fortificada con vitaminas, minerales

y antibióticos y utilizó dos dietas experimentales, 1) 85% -
dieta control más 15% heces; 2) 70% dieta control más 30% --
heces.

Cuando las heces sustituyeron el 15% de la dieta -
las tasas de ganancia y eficiencia alimenticia fueron iguales
a los de la dieta control, cuando sustituyeron el 30% de la-
dieta no hubo influencia en la tasa de ganancia, pero se re-
dujo la eficiencia alimenticia.

Kornegay, et. al. (1977), utilizó excreta fresca -
y excreta seca de cerdo, colectadas de cerdos en finaliza- -
ción alimentados con una dieta maíz-soya con 15% PC, realizó
dos experimentos 1) suplemento 0,23 y 33.8% de excreta fres-
ca (Base Seca) y en el 2) 0, 20.5 y 40.7% de excreta seca, -
los valores medios para ambos ensayos fueron 0, 21.7 y 37.3%,
los resultados obtenidos fueron: la digestibilidad de todos-
los componentes del análisis proximal disminuyó conforme aumen-
tó el nivel de heces, la digestibilidad promedio para la die-
ta control fué M.S. 89.5%, EB. 89% y PC 87% y la digestibili-
dad (promedio para raciones 21.7 y 37.3% de heces en la ración)
fue de 46.7, 48, 60.1, 40.9, 54.1, 45.9 y 31.6% para Energía, -
M.S., P C. PC, EE, ELN y Cenizas.

La digestibilidad de todos los aminoácidos disminuyó conforme las heces fueron introducidas en la dieta; aunque el consumo de todos los minerales se incrementó conforme aumentó la cantidad de heces en la ración sólo la concentración fecal de Cu, Mg y Zn fueron significativamente mayores.

El incremento en la excreción fecal de nutrientes fue debida a menor digestibilidad de la ración que contenía heces o debido al hecho que niveles más altos de nutrientes estuvieron presentes en las dietas con heces.

La adición Lisina y Metionina aumentaron la digestibilidad, indicando esto que son limitantes cuando los cerdos ingieren una dieta a base de maíz-excreta.

e) Ensilaje de Excreta.

Una buena fermentación de las excretas porcinas (ensilado) puede aumentar su valor nutritivo; destruyendo los patógenos como Salmonella.

Berger, et. al. (1978), ensilo la excreta de cerdo, (colectada bajo los slats en la etapa de crecimiento-finalización alimentados con una dieta maíz-soya con 16% PC), con maíz

en una proporción de 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70 y 20:80 por un mínimo de 45 días; se usaron las combinaciones - 60:40 y 40:60 de excreta: maíz, comparándose con una dieta maíz-soya con 14% de PC de la siguiente forma:

75% basal + 25% 40:60 silo

50% basal + 50% 40:60 silo

75% basal + 25% 60:40 silo

50% basal + 50% 60:40 silo.

Los resultados que obtuvieron fueron: se pudo obtener buen ensilaje con las proporciones 40:60 a 80:20 de excreta: maíz, el pH de todas las mezclas fue menor de 5; el total de bacterias se redujo y los coliformes fueron destruidos, la PC, EE, FC, disminuyeron conforme decrecieron las excretas de cerdo, la digestibilidad aparente de la Materia Seca, Materia Orgánica y Proteína Cruda, para la dieta basal y aquellas que contenían 40:60 (excreta maíz) fueron mayores que aquellas que contenían 60:40 (excreta maíz).

Patterson and Norman (1979) alimentaron cerdos de 65-86 Kg de P.V. con una dieta control o una dieta en la cual el efluente de silo reemplazó el 15% del alimento en base a M.S.; dos efluentes de silo fueron usados, uno de silo viejo con 26.5% de M.S. y otro de silo fresco con 20.5% de M.S., los resultados

se muestran en la tabla 17.

Lo que nos muestra que es un sustituto efectivo y no tiene ningún efecto adverso sobre la composición de la canal o las cualidades organolépticas de la misma.

Para conservar el efluente de silo es necesario agregar formalina al 0.3%, los mismos autores usando efluentes de silo almacenados 3.5, 56 y 240 días a los que se había adicionado formalina no tuvieron diferencias significativas en ganancias de peso y eficiencia alimenticia.

2) Alimento para Otras Especies

a) Rumiantes.

"(Henning, et. al. 1972) alimentó toros con dietas peleteadas conteniendo 40% de excreta seca de cerdo durante 48 días obteniendo ganancias promedio de 1.1 Kg./día. Flachowsky (1975), utilizó dietas con 30 y 50% de excreta semilíquida de cerdo en ganado, el cual tuvo una ganancia diaria de 1.2 y 1.0 Kg respectivamente" (citados por Smith and Wheeler, 1979); "la digestibilidad aparente de la M.S., M.O., FDA y N de excreta de cerdo seca fueron 50, 51, 22 y 23% respectivamente para ovejas alimentadas con un 30% de la dieta, el TND fue estimado en --

45%" (Bhattacharya and Taylor, 1975); "el tratamiento de excreta de cerdo con cantidades graduadas de NaOH aumentó la digestibilidad de la M.O. in vitro de 31 a 49%, se obtuvo la mayor digestibilidad después de un tratamiento de 8 días,... se fijó su valor alimenticio dando 30% de la dieta con heces tratadas o sin tratar a borregas,... la digestibilidad de la M.O. de las heces tratadas fué de 54.4% y de las heces no tratadas 49.6%,... el tratamiento con álcali aumentó el valor nutritivo de las excretas porcinas" - (Ngian and Pearce, 1979a).

b) Pollos.

Bragg, et. al. (1975), adicionó excreta porcina obtenida de un digestor aeróbico a dietas para pollos a niveles de 5, 10, 20 y 25%; el peso final en los pollos con las dietas de 5 y 10% estuvo por encima del obtenido con la dieta control, el consumo de alimento aumentó conforme aumentó el nivel de excreta, la excreta de cerdo mostró un alto contenido de fibra que fué probablemente el causante del incremento en el consumo de alimento.

c) Peces.

"En Australia Tchan ha trabajado en la fermentación del efluente de locales porcinos, convirtiéndolo en Proteína -

Simple Celular y utilizándola como alimento para peces, ... la producción esperada es de 1-1.5g de Proteína bacteriana y 1g de Proteína de Alga por 1 de efluente" (Tseng and Jim, 1977).

3) Sustrato para Síntesis de Proteína Microbiana e Insectos.

Las excretas, incluyendo la de cerdo, puedan servir para obtener proteínas de microorganismos tales como: algas, - proteína simple celular (Bacterias), Hongos y además para obtener proteína de insectos como Mosca doméstica, Lombriz de tierra, Escarabajo de estiércol, Mosca soldado, etc.

4) Presencia de Patógenos:

Aunque existe un problema potencial de enfermedad -- debida a bacterias en las excretas animales, el procesamiento -- de las excretas debe destruir estos patógenos potenciales, agentes que pueden transmitirse a los humanos" *Erysipelotrix rhusiopathiae*, *Listeria monocitogenes*, *Mycobacterium avis*, *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Clostridium botulinum* y -- *Salmonella* spp. En el periodo de 1966-1970 15% de las Leptospirosis humanas en E.U. provinieron de la excreta de cerdo y ganado" (Bhattacharya and Taylor, 1975); "el tiempo de supervi

vencia de *Salmonella typhimurium* en un tanque de oxidación -- fue de 17 días en tiempo de verano y 47 días en tiempo de invierno" (Will, et. al. 1973; citados por Fontenot and Webb, 1975); "en un estudio de la incidencia de virus en las excretas., de 22 muestras de excreta líquida de cerdo, 17 tenían Enterovirus, Adenovirus y Coronavirus" (McCaskey and Anthony, 1979); " el ensilado es un método económico de liberarla de microorganismos potencialmente patógenos" (Mc Caskey and Anthony, 1979).

5) Residuo de Drogas.

Algunas sustancias como antihelmínticos, antibióticos, arsenicales, cobre, nitrofuranos y sulfonamidas son excretadas en las heces a causa de su incorporación en la dieta, a este respecto Fontenot and Webb (1975) concluyen que no hubo evidencias que el reciclaje de excreta presente riesgos a la salud humana, la alimentación con excretas no alteró el gusto de la carne, leche y huevos.

VIII APENDICES

A) TABLAS

TABLA I

ANIMAL	PESO VIVO Kg.	HECES+ORINA (l/día)
Lechón	15	1.04
Lechón al destete	30	1.90
Desarrollo	70	4.40
Finalización	90	5.80
Cerda Vacía	125	4.03
Cerda Lactante	170	14.90
Verraco	160	4.90

Datos tomados de Robertson, 1976 y Walter, 1979.

TABLA 2

Producción anual de excretas por "unidad cerda" en Confinamiento total.

Tipo Animal	No. Animal días/año	Promedio P.V.Kg/cabeza	Excreta Líquida tasa de Prod. % P.V.	Excreta Líquida Kg/año	Sólidos Totales Yg/año
Cerda y Camada	70	204.1	8.8	1256.4	150.9
Cerda en Gestación	295	158.6	3.5	1637.8	196.8
Semental	20	181.4	3.5	126.9	15.4
Lechones en lactación	902	16.9	6.5	997.9	91.6
Cerdos en finalización	1895	63.5	6.5	7828.4	699.7
a) Producción anual por "unidad cerda"				13000.0	1174.8
b) Promedio diario de producción por "unidad cerda"				32.6	3.5

Asumiendo:

- 1) Destete a los 28 días
- 2) Producción de Sólidos totales es de 12 % para cerdas y sementales (ración alta en fibra) y 9.2 % para lactantes y cerdos en finalización (ración alta en concentrado).

3) Tasa de producción fue obtenida de Midwest Plan Service (MWPS-18).

4) Unidad de cerda se refiere a Cerda y su descendencia a lo largo de todas las fases de producción.

Tomado y adaptado de Sweten 1979.

TABLA 3

**Anchuras recomendadas de listones y ranuras de los suelos para -
cerdos de distintas edades.**

Peso del Cerdo	Anchura del Listón	Anchura de la Ranura
Kg	cm	cm
11-22.7	7.5	1.9
22.7-45	10-15	2.5
45-68	10-15	2.5
68-91	10-15	2.5

**Fuente: A.F.M.A., Nutrition Council, 1970; citado por Pond -
and Maner, 1974.**

TABLA 4

Sala de Partos	Profundidad requerida del canal (1)	
Largo del período de almacenamiento (meses)	Ancho del canal (2)	Ancho del canal (3)
	1.12m	2.24m
1	0.21m	0.13m
2	0.43m	0.26m
3	0.64m	0.38m
4	0.90m	0.51m
5	1.12m	0.64m
6	1.34m	0.77m

Cerdas Secas

Largo del período de almacenamiento(meses)	Profundidad requerida del canal (4)
1	0.24m
2	0.48m
3	0.73m
4	0.97m
5	1.21m
6	1.46m

- 1) Asumiendo una anchura para la jaula de 1.80m
- 2) Slats parciales
- 3) Slats completos
- 4) Asumiendo una anchura del canal de 1.12m

Tomada de Robertson, 1976

TABLA 5

Diferentes tamaños y capacidades de Almacenamiento
Rectangular

Largo	Ancho	Profundidad	Litros	Metros ³
76.2cm	15.2cm	15.2cm	25 548.7	30.5
190 cm	15.2cm	22.8cm	95 571.2	114.6
254 cm	60.9cm	15.2cm	336 865.0	407.6

Circular

Diámetro	Altura	Litros	Metros ³
38.1cm	40.6cm	64 345	77.5
63.5cm	30.4cm	135 313	161.9
127.0cm	40.6cm	719 150	869.4

Tomada y adaptada de Thornton, 1975

Propiedades de los gases nocivos y sus efectos fisiológicos

Gas	Peso específico (col)	Olor	Olor identificable mínimo (ppm) (2)	Concentración admisible máxima (ppm) (3)	Concentración (ppm) (4)	Efectos fisiológicos (5)
Amoniaco (NH ₃)	0'6	Penetrante, picante	5'3	100	4 400 700 1.700 3.000 5.000	Irritante Irritación de garganta Irritación ocular Tos y espuma en boca Asfixiante Puede ser fatal
Dióxido de carbono (CO ₂)	1'5	Ninguno	-	5.500	- 20.000 30.000 40.000 60.000 300.000	Asfixiante Sin efecto Se acelera la respiración Susto, dolor de cabeza Respiración pesada, asfixiante Puede ser fatal
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	1'2	Olor a huevo podrido, nauseabundo	0'7	20	- 100 200 500 1.000	Venencoso Irrita ojos y nariz Dolor de cabeza, vértigo Músculos, excitación, insomnio Inconsciencia, muerte
Metano (CH ₄)	0'5	Ninguno	-	-	- 500.000	Asfixiante Dolor de cabeza, no tóxico

Origen: Según el Boletín de la Fundación para la Investigación de la Universidad de Ohio titulado "Origin, Identification, Concentration and Control of Noxious gases in Animal Confinement Production Units", por E. Tsiganides y R.K. White, Grant. No. SW-00015; citado por A.F.M.A. Nutrition Council, 1970.

- (1) Peso específico: cociente entre el peso del gas puro y el aire atmosférico standard. Si la cifra es inferior a 1 el gas es más ligero que el aire atmosférico standard, si es superior a 1 es más pesado que el aire.
- (2) Olor identificable mínimo: el umbral del olor es decir, la mínima concentración (máxima dilución) a la que se detecta un olor.
- (3) Concentración admisible máxima: la concentración establecida por las agencias sanitarias como máximas en una atmósfera donde trabajan hombres más de 8-10 horas. Estos niveles deben ser inferiores en las explotaciones -- porque los animales permanecen constantemente en dichos lugares durante 24 horas.
- (4) Concentración, en partes de gas puro por millón de aire atmosférico; para pasar a concentración en % por volumen, dividir los números citados por 10.000.
- (5) Efectos fisiológicos: los descubiertos en el hombre adulto; podrían encontrarse efectos similares en animales con pesos de 68 Kg; los animales con pesos inferiores se verán afectados más pronto y con niveles menores; los animales más pesados más tarde y frente a concentraciones superiores.

Tomada de Pond and Manser, 1974.

TABLA 7

Tipo de Excreta	BOD mg/dm ³	Total de Sólidos suspen- didos mg/Kg
Excreta porcina	más de 30 000	25 000
Excreta doméstica	500	1 000
Standard de la Royal Commission	20	30
(dilución 8 veces)		

Tomada de Goulding, 1978.

TABLA 8

Nutrientes aproximados por animal por año en la excreta (a)

Animal	Peso humedo (Kg)	N (Kg/año)	P(b) (Kg/año)	K(c) (Kg/año)
Lechón	16	2.6	0.9	1.7
Cerdo en crecimiento	29	5.0	1.6	3.2
Cerdo en finalización	68	11.3	3.7	7.3
	91	15.0	5.0	10.0
Cerda gestante	125	10.4	3.5	6.8
Cerda lactante	170	38.1	12.7	24.9
Verraco	159	12.7	4.3	8.6

- a) Midwest Plan Service, 1975.
- b) Para convertir a P205, multiplicar por 2.3
- c) Para convertir a K20, multiplicar por 1.2

Tomada y Adaptada de Vanderholm, 1979.

TABLA 9

Análisis de nutrientes de excretas de cerdo Kg/m³

	N	P205	K20
Rango	1.2-7.0	0.1-4.5	0.6-3.4
Media	4.3	1.8	2.0

Tomada de Robertson, 1976 y Walter, 1979.

TABLA 10

Cantidad total de nutrientes para las plantas en excreta no diluida

Sistema de Alimentación	% Peso de Base Húmeda		
	N	P205	K20
Alimentación seca	0.6	0.4	0.3
Alimentación líquida	0.5	0.2	0.2
Alimentación suero	0.3	0.2	0.2

Tomada de Chumbley, 1976.

TABLA 11

Promedio aproximado y rango de la Materia Seca (M.S.) y composición de los Nutrientes de la Excreta de Cerdo al tiempo de su aplicación a la tierra (base húmeda) ..

Sistema de Manejo	M.S.%	N aprovechable (2)	P2O5 (3)	K2O (4)	N total (5)
Sólido					
Sin cama	18(15-20)	3.1(2.7-4.0)	4.0(3.1-5.9)	3.6(2.7-4.5)	4.5(4-4.9)
Con cama	18(17-20)	2.7(2.2-3.6)	3.1(2.2-4.5)	3.1(2.7-4.0)	3.6(3.1-4.5)
Líquido					
Tanque Anasróbico	4(2-7)	3.1(2.5-3.7)	3.2(1.5-3.5)	2.6(1.4-3.5)	4.3(3.3-6.5)
Tanque de Oxidación	2.5(1-4)	1.9(1.4-2.6)	3.2(1.1-3.5)	2.6(1.1-2.8)	2.8(2.1-4)
Laguna (5)	1(0.3-2)	0.4(0.2-0.5)	0.2(0.1-0.4)	0.4(0.2-0.7)	0.4(0.3-0.4)

1. Aplicación, factores de conversión: 1 (bu) excreta aspercida=18.1-27.2Kg de Excreta Sólida
3785L = sobre 4 ton.
102777L= 1 acre in.

2 Primariamente Amonio y 35% N orgánico el cual es aprovechable para la planta durante la -
estación de crecimiento

3 Para convertir a Fósforo elemental, multiplicar por 0.44

4 Para convertir a Potasio elemental, multiplicar por 0.83

5 Amonio más Nitrógeno orgánico el cual es lentamente reducido

6 Incluye la corriente de agua del lote de alimento y es medido como sigue: Célula
simple .05 m3/.454Kg de Peso Animal; Segundo estado anasróbico (célula 1) - -
.02-.05 m3/.454Kg de Peso Animal; y aeróbico (célula 2) .02 m3/.454Kg de Peso
Animal.

Tomada y adaptada de Sutton, et. al. 1979.

TABLA 12

Pérdidas aproximadas de N de la excreta porcina, cómo es afectada por el método de manejo y almacenamiento.

Método de Almacenamiento y Manejo	Pérdidas de N %
Sistemas sólidos	
Excreta embolsada	35
Lote abierto	35
Sistemas líquidos	
Tanque anaeróbico	25
Tanque de oxidación	60
Laguna	80

Tomada de Sutton, et. al 1979.

TABLA 13

Contenido de Ca, Mg y S de excretas

Sistema de manejo	%M.S. (Kg/ton.	Ca met. Base	Mg Húmeda)	S
Sólida	18	4	4	-
Líquida	2.6	0.4	0.2	-

Tomada de Wilkinson, 1979.

TABLA 14

Contenido de Amino Acidos en la Excreta Fresca y en el Líquido
Mezclado del Tanque de Oxidación (ODML)

Amino Acido	Excreta Fresca (a)	ODML (b)
Lisina	.60	1.78
Histidina	.14	1.00
Arginina	.44	1.15
Treonina	.53	1.71
Valina	.58	2.14
Metionina	--	.54
Isoleucina	.52	1.24
Leucina	.92	2.16
Fenil alanina	.81	1.26

a) Gouwnes, 1966.

b) Holmes, 1971

Tomada de Harmon, et . al. 1972.

TABLA 15

**Análisis Promedio del Líquido Mezclado del Tanque de Oxidación
(ODML) (a), en Base Seca (bc)**

Nutriente	%	Nutriente	%	Nutriente	%
Proteína	49.0	Ac. Aspártico	3.73	Calcio	3.33
Lisina	1.42	Serina	2.55	Fósforo	3.83
Histidina	0.47	Ac. Glutámico	5.06	Magnesio	1.49
Arginina	1.28	Prolina	1.29	Sodio	2.75
Treonina	1.96	Glicina	2.29	Potasio	4.14
Valina	2.06	Alanina	2.83		
Isoleucina	1.49	Tirosina	1.17	Hierro	0.5507
Leucina	2.79	Triptofano	0.28	Cobre	0.0071
Metionina	0.79			Zinc	0.1148

a) Tanque operado por 3 años

b) Materia Seca promedio 3.40 %

c) Harmon, et. al., 1972

Tomada de Harmon, et. al., 1973

TABLA 16

Composición Porcentual de (ODR)		
Nutriente	Fracción Baja (a)	Fracción Alta (a)
Proteína	24.5	31.8
Lisina	0.32	0.72
Histidina	0.10	0.28
Arginina	0.33	0.74
Acido Aspártico	0.74	1.28
Treonina	0.39	0.67
Serina	0.33	0.57
Acido Glutámico	0.89	1.59
Prolina	0.33	0.61
Glicina	0.49	0.86
Alanina	0.58	0.98
Valina	0.43	0.75
Metionina	0.13	0.22
Isoleucina	0.29	0.51
Leucina	0.51	0.92
Tirosina	0.29	0.56
Fenil Alanina	0.23	0.72
Análisis de la muestra compuesta		
Proteína	27.7 %	
Calcio	1.6 %	
Fósforo	1.5 %	

a) Localización aproximada en el ODR sedimentado.

Tomada de Harmon, et. al., 1972a

TABLA 17

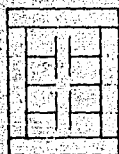
Performance de las Dietas Conteniendo Efluente de Silo
Dietas

	Control	Efluente A	Efluente B
Ganancias diarias de peso			
(g/día)	720	715	750
Conversión Alimenticia	3.07	3.10	2.94
Rendimiento %	77.1	77.9	77.9

Tomada de Patterson and Norman, 1979

B) FIGURAS

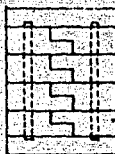
FIGURA 1



Enrejado
lateral



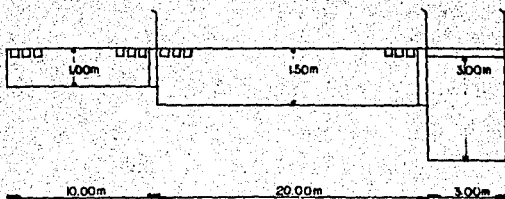
Enrejado
Total



Enrejado
Central

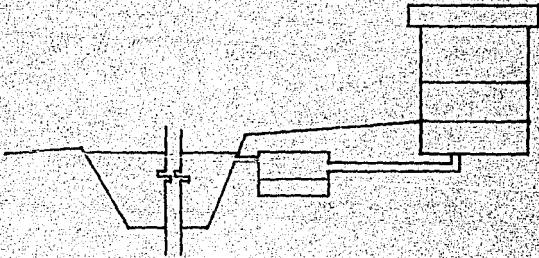
Tomada de Robertson, 1976 y Walter, 1979.

FIGURA 2



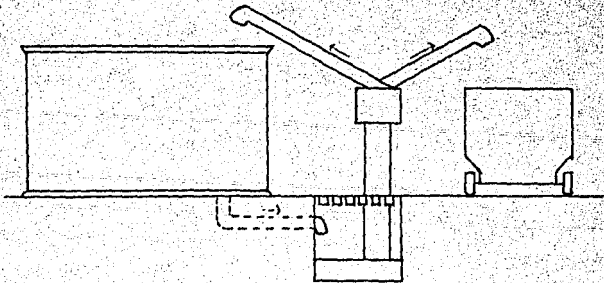
Tomada de Robertson, 1976 y Walter, 1979

FIGURA 3



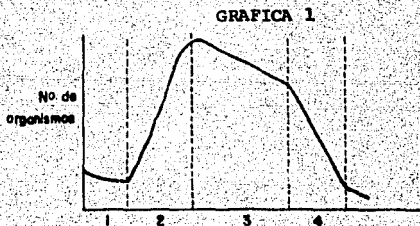
Tomada de Florez y Agraz, 1979

FIGURA 4



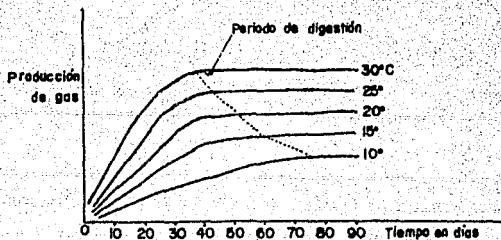
Tomada de Walter, 1979

C) GRAFICAS



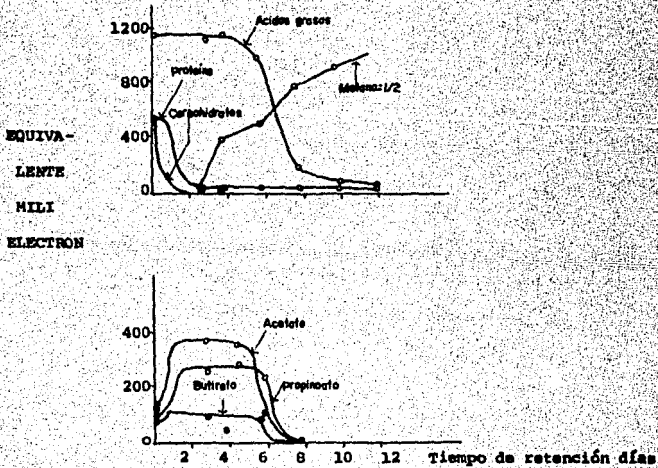
- 1) Etapa de ajuste celular.
- 2) Etapa de crecimiento.
- 3) Etapa de declinación del crecimiento.
- 4) Muerte del cultivo por falta de nutrientes.

Tomada de Douglas. 1977

GRAFICA 2

Tomada de Douglas. 1977

GRAFICA 3



Fuente: O'Rourke, citado por McCarty, 1971; citado por Bryant, 1979.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alba, Jorge. 1976. Panorama Actual de la Ganadería Mexicana. Memorias del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Desarrollo en General de la Ganadería en los Trópicos, Financiamiento de la Producción pp 41-63.
- 2.- Albin, C.R.. 1971. Handling and Disposal of Cattle feed-lot Waste, J. Anim. Sci. 32 (4) 803-810.
- 3.- Anónimo. 1975. Slurry Processing. Pig Farming, January, -- 1975, pp 20-25.
- 4.- Anónimo. 1977. Make Money Out of Slurry. Pig Farming, December 1977, pp 97.
- 5.- Anónimo. 1979. The management and Utilization of Swine Wastes. Animal Science Departament. University of Illi--nois at Urbana-Champaign. 21 pag.
- 6.- Anónimo. 1979a. Manure Injection in Theory and Practice. Pig International, April 1979, pp 18-22.

- 7.- Anónimo. 1979b. Probe Into Pit Storage. Pig International, April 1979, pp 30-33.
- 8.- Anónimo. 1979c. Update on Solids Separation. Pig International, April 1979, pp 12-16.
- 9.- Anónimo. 1979d. Biogas Briefing. Pig International, July 1979, pp 40-42.
- 10.-Anthony,W.B..1971. Animal Waste Value-Nutrient Recovery and Utilization. J. Anim. Sci. 32 (4) 799-802.
- 11.-Arndt, D.L.; D.L. Day; and F.E. Hatfield. 1979. Processing and Handling of Animal Excreta for Refeeding. - J. Anim. Sci. 48(1) 157-162.
- 12.- Balluz, S.A.; H.H. Jones; and M. Butler. 1977. The Persistence of Poliovirus in Inactivated Sludge Treatment. J. Hyg. Camb. 78 (2) 165-173.
- 13.-Berger, J.; E.T. Kornegay; J.P. Fontenot; and K.E. Webb. Jr. 1978. Ensiling Characteristics and Utilization by Swine of Ensiled Swine Waste and Ground Corn. Grain. Politecnio Institute of Virginia. pp 158-166.

- 14.- Bhattacharya, A.N. and J.C. Taylor. 1975. Recycling Animal - Waste as a Feedstuff: A review. J. Anim. Sci. 41 (5) 1438-1457.
- 15.-Bragg, D.B.; M.C.Kwok; H.S. Saben and W.D.Kitts. 1975. Nutri- tive Value of Biological Waste Following Degr- adation by Thermophilic Micro-Organisms. Poul. - Sci. 54:1756 (Abstract).
- 16.-Bryant, M.P.. 1979. Microbial Methane Production-Theoretical- Aspects. J. Anim. Sci. 48 (1) 193-201.
- 17.-Calvert, C.C.. 1979. Use of Animal Excreta for Microbial and Insect Protein Synthesis. J. Anim. Sci. 48 (1) - 178 -192.
- 18.-Clordia, H. and W.B. Anthony. 1969. Viability of Parasitic Nematodes in Wastelage. J. Anim. Sci. 28:133. - (Abstract).
- 19.-Conrad, J.H. and V.B. Mayrose. 1971. Animal Waste Handling - and Disposal in Confinement Production of Swine. J.Anim. Sci. 32 (4) 811-814.

- 20.-Chumbley, C.. 1976. Slurry Fertilizer Value. Pig. Farming, September 1976, pp 99-100.
- 21.-Derbyshire, J.B. and E.G. Brown. 1978. Isolation of Animal Viruses from Farm Livestock Waste, Soil and Water. J. Hyg. Cam. 81 (2) 295-302.
- 22.-Derbyshire, J.B. and E.G. Brown. 1979. The Inactivation of Viruses in Cattle and Pig Slurry by Aeration or Treatment with Calcium Hidroxiide. J. Hyg. Cam.-- 82(2) 293-299.
- 23.-Díaz, C.P. y A. Elías. 1976. Uso del Ensilaje de Excreta Vacuna y Miel Final en la Alimentación Porcina. 1. Efecto de Diferentes Niveles en Dietas de Miel Final para Puercos en Crecimiento. Rev. Cubana de Cienc. Agric. 10:197-204.
- 24.-Diggs, B.G.; B. Baker Jr. and F.G. James. 1965. Value of Pig Feaces in Swine Finishing Rations. J. Anim. Sci. 24 (1) 291 (Abstract).
- 25.-Dirección General de Extensión Agrícola (D.G.E.A.). 1976. El Extensionismo Pecuario en la Situación Actual de la Ganadería Nacional y en su Proyección para --

1983. S.A.G. 1976.

- 26.- Douglas, P. 1977. Energy from Methane. Meat and Livestock - Commission of England. pp 83-90.
- 27.- Drummond, J.G.; S.A. Curtis; J. Simon and H.W. Norton. 1980. Effects of Aerial Ammonia on Growth and Health of Young Pigs. J. Anim. Sci. 50 (6) 1085-1091
- 28.- Flórez Menéndez J.A. y Abrahám A. Agras G.. 1979. Ganado Porcino, Cría, Explotación, Enfermedades e Indulg-tralización. 2da. Edición, México, D.F. Editorial Limusa. 1088 pag.
- 29.-Fontenot, J.P. and K.E. Webb Jr.. 1975. Health Aspects of Recycling Animal Wastes by Feeding. J. Anim. Sci. 40 (6) 1267-1277.
- 30.-Forsyth, R.J. and D.E. Stevenson. 1977 Slurry Natural Displacement System. Meat and Livestock Commission of - England. pp 91-93
- 31.-Gadd, J.. 1973. Getting to Grips with Pig Muck. Pig Farming, April 1973, pp 31-33.

- 32.-Goulding, L.. 1978. Facing the Problems of Handling Slurry.
Pig Farming, October 1978, pp 101-103.
- 33.-Hall, O.D.. 1980. Biomasa y Energía. Desierto y Ciencia Año
II No. 2 Marzo 1980, pp 10-11
- 34.-Hardy, C.; y A. Elías. 1976. Ensilaje de Excreta y Miel Final.
2. Efecto de Diferentes Proporciones de Excreta
y Miel Final sobre el pH y la formación de Ácidos
Grasos y Etanol. Rev. Cubana de Cienc. Agric. -
10:189-195.
- 35.-Harmon, B.G.; D.L. Day; A.H. Jensen and D.H. Baker. 1971. -
Swine Waste as a Source of Nutrients. Animal --
Science Department. As-658 g. University of --
Illinois at Urbana-Champaign. pp 19-22.
- 36.-Harmon, B.G.; D.L. Day; D.H. Baker; S.E. Curtis and A.H. Jen-
sen. 1972. Harvesting Nutrients from Swine Was-
te. Animal Science Department. As-661 g. Univer-
sity of Illinois at Urbana Champaign. pp 19-23.

- 37.-Harmon, B.G.; D.L. Day; A.H. Jensen and D.H. Baker. 1972a. -
Nutritive Value of Aerobically Sustained Swine -
Excrement. J. Anim. Sci. 34 (3) 403-407.
- 38.-Harmon, B.G.; D.L. Day; A.H. Jensen and D.H. Baker. 1973. Nu-
tritive Value of Aerobically or Anaerobically --
Processed Swine Waste. J. Anim. Sci. 37 (2) 510-
513.
- 39.-Harmon, B.G.; D.L. Day; D.H. Baker and A.H. Jensen. 1973a. -
Oxidation Ditch Mixed Liquor as a Source of Water
and Nutrients. J. Anim. Sci. 37:280 (Abstract).
- 40.-Harmon, B.G.; D.L. Day; A.H. Jensen and D.H. Baker. 1974. Con-
verting Swine Waste Into a Nutrient Source for -
Swine. Animal Science Department. AS-665 d. -
University of Illinois at Urbana-Champaign. pp
15-19.
- 41.-Harvey, R.W.S.; T.H. Price and J. Morgan. 1977. Salmonella-
Surveillance with Reference to Pigs-Cardiff abatt
oir, 1968-1975. J. Hyg. Cam. 78:439-448.

- 42.-Hepherd, R.Q.; T. Cumby; L.E. Osborne. 1977. Slurry Handling, Storage and Application to Land. Livestock Department. pp 5-6.
- 43.-Hilliard, E.P.; J. Beard; G.R. Pearce. 1979. Utilization of Piggery Waste. 1. The Chemical Composition and In Vitro Organic Matter Digestibility of Pig Feces from Commercial Piggeries in South-Eastern Australia. Agr. and Env. 4 (3) 171-180.
- 44.-Jensen, A.H.; B.G. Harmon; G.R. Carlisle and A.J. Muehling. - 1972. Management and Housing for Confinement -- Swine Production. Coop. Ext. Serv. (Circular-1064). University of Illinois at Urbana-Champaign. 35 pag.
- 45.-Kornegay, E.T.; M.R. Holland; K.E. Webb Jr.; K.P. Bovard and J.D. Hedges. 1977. Nutrient Characterization - of Swine Fecal Waste and Utilization of these -- Nutrients by Swine. J. Anim. Sci. 44 (4) 608-619.

- 46.-Levi, D.R.; Stephen, F.M.; Paul, S. and Virgil, R. 1979. Legal Guidelines for Swine Waste Management. Pork Industry Handbook (PIH-35). University of Illinois at Urbana-Champaign. 4 pag.
- 47.-Locker, H.. 1972. Dung Scrapers. Pig Farming, February 1972, pp 26-28.
- 48.- McCaskey, T.A. and W.B. Anthony. 1979. Human and Animal Health Aspects of Feeding Livestock Excreta. J. Anim. Sci. 48 (1) 163-177.
- 49.-Montgomery, M.J.; B.J. Bearden and J.W. High Jr. 1975. Comparison of Liquid Manure Slurry and Nitrogen Fertilization on Orchard-grass pasture for Dairy Heifers. J. Dairy Sci. 58:148 (Abstract).
- 50.-Muehling,A.J.. 1978. Questions and Answers About Manure Flushing Systems for Swine Buildings. Extension Agricultural Engineer, 1978 Illinois Swine Seminars. University Of Illinois at Urbana-Champaign. 3 pag.

- 51.-Ngian, M.F. and G.R. Pearce. 1979. Utilization of Piggery - Waste. 2. The Chemical Composition and In Vitro Organic Matter Digestibility of Fractions of Pig Faeces Separated by Sieving and by Centrifuging. Agr. and Env. 4 (3) 181-188.
- 52.-Ngian, M.F. and G.R. Pearce. 1979a. Utilization of Piggery Waste. 3. Effects of Sodium Hydroxide Treatment of Pig Faeces on Chemical Composition Microscopic Physical Characteristics and In Vitro and In Vivo Digestibility. Agr. and Env. 4 (3) 189-205.
- 53.-Osborne, B.. 1973. Laying Out Slurry Channels Under Slats. Pig Farming, February 1973, pp 104.
- 54.-Pain, B.F.. 1978. The Effects of Injected and Surface Spread Slurry on Intake and Grazing Behaviour of Dairy Cows. Anim. Prod. 26 (1) 75-83.
- 55.-Patterson, D. and Norman, W.. 1979. Feeding Silage Effluent to Pigs. Pig Farming, May 1979, pp 32-39.

- 56.-Plant, C.W.. 1978. Salmonellosis in Wild Birds Feeding at --
Sewage Treatment Works. J. Hyg. Cam. 81 (1)-
43-48.
- 57.-Pollard, R.W.. 1976. Muck Collection. Pig Farming, March
1976, pp 98.
- 58.-Pond, W.G. and J.H. Maner, 1974. Swine Production in Tem-
perate and Tropical Enviroments. Trad. por Pe-
dro Ducar, Zaragoza Acribia, Primera Edición -
1976. 866 pag.
- 59.-Pratt, P.F.. 1979. Management Restrictions in Soil Aplication
of Manure. J. Anim. Sci. 48 (1) 134-143.
- 60.-Rhee, J.A.; Van. 1972. Copper Contamination Effects on Earth
worms by Disposal of Pig Waste in Pastures. The
Hague, Netherlands; W. Junk B.V.; Prague Cze-
choslovakia Academia. 1975 pp 451-456.
- 61.-Robertson, A.M.. 1976. Slurry Handling. Pig Farming Suple--
ment. December 1976, pp 51-56.

- 62.-Ronald, M.J.; C.L. Barth; R. Jeckel and D. Purkhiser. 1979. Controlling Odors from Swine Buildings. Pork Industry Handbook (PIH-33). University of Illinois at Urbana-Champaign. 3 pag.
- 63.-Simons, D.. 1979. Manure Treatment Heats a Farmhouse. Pig-International, April 1979, pp 24-29.
- 64.-Smith, R.J.; M.E. Hein and T.H. Greiner. 1979. Experimental Methane Production from Animal Excreta in Pilot-Scale and Farm-Size Units. J. Anim. Sci. 48 (1) 202-217.
- 65.-Smith, L.W. and W.E. Wheeler. 1979. Nutritional and Economic Value of Animal Excreta. J. Anim. Sci. 48 - (1) 144-156.
- 66.-Suttle, N.F. and J. Price. 1976. The Potential Toxicity of Cooper-Rich Animal Excreta to Sheep. Anim. Prod. 23 (2) 233-241.
- 67.-Sutton, A.L.; D.H. Vanderholm; S.W. Melvin; J.R. Miner and E.T. Kornegay. 1979. Fertilizer Value of Swine Manure. Pork Industry Handbook (PIH-25). University of Illinois at Urbana-Champaign.

- 68.-Sweeten, M.J.. 1979. Prescriptions for Pigs. "How Much Manure from Hogs". Texas Agricultural Extension Service (September 1979). Texas A&M University.
- 69.-Thornton, K..1975. Slurry Stores. Pig Farming, May 1975, pp 55-59.
- 70.-Tseng, T.Y. and Jim, I..1977. Edible Protein from Pig Effluent Pig Farming, April 1977, pp 87.
- 71.-University of Nebraska. 1975. Store it and Spread it or Flush it and Store it?. University of Nebraska, pp 21-22.
- 72.-Vanderholm, D.H.; John. CrN. and James, F.F. 1979. Systems of Runoff Control. Pork Industry Handbook (PIH-21) University of Illinois at Urbana Champaign. 6 pag.
- 73.-Vanderholm, D.H..1979a. Handling of Manure from Different - Livestock and Management System. J. Anim. Sci. 48 (1) 113-120.

- 74.-Walter, F.. 1979. El Estiercol del Ganado Porcino. Porcino, Porcivama, pp. 25-30.
- 75.-Wax, J.E.; B.G. Harmon and G.R. Schmidt. 1972. Effect of -- Liquid Feeding Oxidation Ditch Mixed Liquor on the Palatability of Pork. J. Anim. Sci. 35 (5) 1100 (Abstract).
- 76.-Wilkinson, S.R.. 1979. Plant Nutrient and Economic Value of Animal Manures. J. Anim. Sci. 48 (1) 121-131.