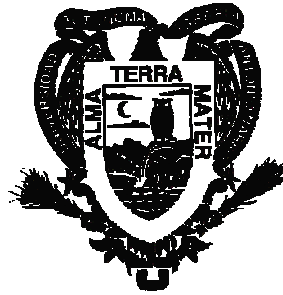


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



MANEJO Y USO DEL ESTIERCOL PORCINO

POR
EDGAR OROZCO VARGAS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para:

Obtener el Título de:
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre de 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Monografía

Manejo y uso del estiércol porcino

Edgar Orozco Vargas

Que somete a la consideración del H. Jurado examinador, como
requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo
Zootecnista.

Aprobada por:

Presidente del jurado

M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez

Sinodal

Sinodal

M.C. Manuel Torres Hernández

Ph.D. Jesús M. Fuentes Rdz.

Coordinador de la División de Ciencia Animal.

M.C. Ramón Fidencio García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila
Noviembre de 2003

Índice

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE CUADROS.....	IV
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Justificación.....	3
Revisión de literatura.....	4
Situación actual.....	4
Características y tendencias del sector.....	4
Inventario y producción de carne.....	5
Ganadería industrial.....	7
Aglomeración de animales.....	7
Modalidades y niveles de tecnificación.....	8
Excretas producidas por las granjas porcinas.....	9
Parámetros físico-químicos de las excretas.....	11
Utilidad de las excretas porcinas.....	13
Nutrientes para la fertilización.....	13
Valor alimenticio de las excretas porcinas.....	15
Problemática.....	15
Descarga de aguas contaminadas.....	20

Características generales de desechos líquidos.....	21
Biodegradabilidad.....	21
Flujo y contaminación variables.....	23
Bacterias, virus y parásitos en las excretas.....	23
Emisión de gases y contaminación del aire.....	26
Gases que inciden en la salud del cerdo y el operario	29
Amoniaco.....	29
Metano.....	30
Sulfuro de hidrógeno.....	30
Dióxido de carbono.....	30
Monóxido de carbono.....	31
Determinación del grado de contaminación.....	31
Estimación.....	32
Medición.....	34
Medidas para mejorar el funcionamiento de un sistema agropecuario.....	35
Características de un buen sistema de manejo de excretas.....	37
Recuperación de subproductos.....	41
Los estiércoles en la alimentación animal.....	41
Recomendaciones practicas para el manejo de gases en instalaciones porcinas.....	45

Bioseguridad en granjas porcinas.....	45
Medidas de bioseguridad en granjas.....	46
Medidas de bioseguridad en el transporte de animales.	51
Medidas de bioseguridad en el transporte de alimento.	51
Servicio veterinario.....	52
Visita a granja e inspección en rastro.....	52
Sistemas de descontaminación productiva.....	56
Biodigestores.....	56
Canales de plantas acuáticas.....	57
Cultivos agrícolas asociados.....	59
Poli- cultivo de peces.....	60
Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	60
Lagunas de estabilización.....	61
RESUMEN.....	63
LITERATURA CITADA.....	65

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Estructura de sólidos en una granja porcina.....	12
Cuadro 2. Contenido fertilizante de las excretas....	14
Cuadro 3. Parámetros de valor alimenticio de las excretas.....	16
Cuadro 4. Bacterias presentes en las excretas de cerdos.....	24
Cuadro 5. Virus y problemática presentes en las heces de cerdos.....	25
Cuadro 6. Parásitos en las excretas de cerdos.....	26

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Ing. Maximiano Orozco López y Sra. Herminia Vargas Ortiz , por haberme dado la vida y por su cariño, educación y apoyo que me han brindado en todos estos años y que estoy seguro seguirán a mi lado siempre. A ellos dedico esto que es un paso mas en mi carrera y como persona.

A MIS HERMANAS:

Gabriela y Araceli por su apoyo y consejos para que yo lograra realizar esta carrera.

A MI SOBRINA:

Mariana por haber traído de nuevo a esta mi familia la felicidad y la alegría de un niño y a la cual espero poder apoyar en un futuro.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Mis amigos de Zamora Enrique, Alejandro, Alberto, Omar, Rosa, Marisol, Raquel, Alejandra, Erandy, por estar siempre conmigo y apoyarme cuando estuve lejos, y por supuesto a los amigos que hice durante mi paso por la universidad Sandro, David, Ricardo, Miguel, Rafael, Oscar, Cristian, Javier, Jesús, Sabino, Alfredo y Cesar por brindarme su amistad y dejarme compartir con ellos parte de mi vida, y esperemos que sigamos compartiendo muchas mas.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por permitirme seguir en mi camino, y realizar mis objetivos, por darme la oportunidad de seguir con vida y plantearme nuevas metas, por conservar a mis seres queridos conmigo.

A MI FAMILIA:

Por brindarme su apoyo y cariño incondicional en los buenos y en los malos momentos siempre han estado conmigo. Espero hasta ahora haber cumplido con sus expectativas y mas adelante seguir dándoles grandes satisfacciones y mi apoyo.

A MI "ALMA MATER"

A la institución que me albergó y me formó como un profesionista.

A MIS ASESORES:

Por sus valiosas y atinadas sugerencias en la realización de este trabajo, por sus buenos consejos y su amistad.

INTRODUCCION

La crianza de animales en sistemas intensivos tiene varias consecuencias importantes. Para empezar, estos animales necesitan un suministro de alimentos ricos en nutrientes para poder alcanzar una alta productividad. La demanda de alimento para animales ha sido cubierta por la agricultura de cultivo intensivo y la gestión intensiva de pastizales, empleando aportes de fertilizantes artificiales, herbicidas e insecticidas. La industrialización de la agricultura en conjunto es inseparable de la decisión de criar animales en sistemas intensivos

Una consecuencia adicional es que la mayor parte de los nutrientes de los alimentos de alta calidad terminan como productos residuales en el estiércol de los animales. Un gran exceso de este concentrado estiércol puede acumularse en las relativamente pequeñas áreas de tierra donde los animales de granja están confinados, convirtiéndose el estiércol y los nutrientes en contaminantes del entorno. Existe una conexión directa entre la exigencia de máxima productividad de los animales y la contaminación ambiental.

La producción porcina, como cualquier otra actividad agropecuaria, requiere insumos que proporciona la naturaleza, y produce, de forma privada, además de productos de valor económico que son apropiados, una serie de residuos que si no son asimilados por la naturaleza imponen a la sociedad un costo en forma de contaminación. El impacto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de las repercusiones directas sobre los recursos hídricos, de suelos y el aire, factores de perturbación como olores, ruidos y plagas de insectos, y efectos indirectos -sociales y políticos-, que son difíciles de cuantificar.

No es sino hasta hace tres décadas, cuando ya muchos daños son irreversibles, que se cobra conciencia del problema ambiental y que se plantea crecer y desarrollarse sin comprometer los recursos naturales para las futuras generaciones.

Objetivos:

Recopilar información que aclare eficazmente las dudas acerca de las ventajas y desventajas del uso y manejo del estiércol de cerdo y cuya utilidad practica se manifieste por

los estudiantes, profesionales, productores y consumidores de esta especie.

Justificación:

Es importante hacer conciencia sobre el manejo más adecuado de los estiércoles del ganado porcino con la firme intención de evitar contaminar el ambiente eliminando con esto riesgos de salud pública.

REVISIÓN DE LITERATURA

SITUACIÓN ACTUAL

Características y tendencias del sector:

En México la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos. Si bien su participación en el producto interno bruto es mínima (alrededor del 0.3%), su relevancia reside en que proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población; en que usa, en forma indirecta, bastas superficies agrícolas y da lugar a una amplia y compleja cadena productiva que incluye la producción de granos forrajeros y oleaginosas, la elaboración de alimentos balanceados, fármacos, biológicos veterinarios y la operación de establecimientos de sacrificio, despiezado y de industrialización de la carne (Budeo,1997)

La República Mexicana cuenta con un inventario porcino de 12.5 millones de cabezas aproximadamente. De su producción se

estima que un 46% es tecnificada, un 20% semi-tecnificada y el 34% están en pequeñas unidades familiares de traspatio. La mayor concentración de producción de cerdos se encuentra; en el centro del país y mayormente en la cuenca del Río Balsas, los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato reúnen a 4.3 millones de cabezas; Sonora, en el noreste, posee 1.2 millones de cabezas y Yucatán en el sureste, tiene aproximadamente 1.0 millón de cabezas (Pérez, 1997).

La cantidad de excretas que produce un cerdo puede depender de varios factores, entre ellos la edad del animal, su madurez fisiológica, la cantidad y calidad del alimento consumido, la cantidad de agua consumida y el clima, entre otros. Las excretas porcinas tienen alrededor de un 55% de materia orgánica biodegradable y un gran número de elementos contaminantes entre los que destacan: patógenos, nitrógeno y minerales como el cobre, zinc y arsénico (Chára, 2003)

Inventario y producción de carne

En general, la estadística oficial periódica sobre el sector pecuario es sumamente limitada; sobre la porcicultura genera solo dos datos: La producción de carne de cerdo, información mensual a nivel estatal y el inventario porcino, dato agregado a nivel nacional que se publica con rezago de dos

años. Tampoco las organizaciones de productores proporcionan información estadística acerca de sus asociados, de tal manera que las cifras sobre el número de vientres, escala de producción, estructura de la pía y niveles de tecnificación tienen que inferirse a partir de la información censal (Campabadal, 1995)

Por la magnitud del inventario y la cantidad de carne producida, la porcicultura fue durante 10 años el sistema ganadero más importante del país (Sotero, 2002)

El crecimiento de la porcicultura se lleva a cabo sin prestar ninguna atención a los problemas ambientales que creaba, no obstante que desde 1973 se había emitido un reglamento que señalaba límites para cinco parámetros en las descargas residuales. En 1984 la porcicultura entra en crisis; el inventario se reduce en forma sistemática hasta 1995, la producción de carne disminuye 50% de 1983 a 1989 y el consumo per cápita se reduce a la mitad, de 20kg/año en 1983 a 9.1kg/año en 1989. A partir de 1991 la producción muestra un repunte modesto. Actualmente, el inventario porcino es de 12.5 millones de cabezas (cifra de 1995) y la producción de carne de cerdo de 895mil toneladas (1996), 40% menos que en 1983. No

existe una política para el sector que busque recuperar el nivel que tenía a principios de los ochenta (Sotero, 2002)

Ganadería industrial

La característica esencial de la ganadería industrial es que los animales son criados en densidades peculiarmente altas y muy a menudo en interiores apartados de cualquier fuente natural de alimento. Los problemas ambientales inherentes a este enfoque de la ganadería industrial provienen de la necesidad de producir el alimento del ganado y deshacerse de sus residuos. Los animales industriales son alimentados para producir, no solo para mantenerlos vivos y sanos. Alimentar a los animales de granja tiene la finalidad de maximizar el rendimiento y una enorme cantidad de recursos mundiales se dedican a proporcionar alimento especial de alta calidad para maximizar el funcionamiento fisiológico de los animales. Se exige de los animales que crezcan rápido y produzcan la mayor cantidad posible de carne, leche, huevos, o crías, según sea el caso. El resultado ha sido que la producción de forrajes se ha convertido en una importante contribución al deterioro ambiental provocado por la agricultura de hoy en día.

(Turner, 1999)

Aglomeración de animales.

En los sistemas intensivos, los animales son mantenidos en concentraciones tan elevadas que el área de tierra sobre la que son criados no puede proporcionar todo su alimento. La producción de alimentos está por tanto, separada de los animales y su forraje es enriquecido y específico para maximizar los rendimientos. Debido a la concentración de los animales, la concentración de residuos animales es muy elevada. En la cría de cerdos en interior, el número de cerdos en cada unidad no guarda ninguna relación ni con la extensión de la granja ni con la extensión de la tierra necesaria para satisfacer las necesidades alimenticias del animal. Esto contrasta con la cría tradicional, en la que los animales viven en una extensión de tierra suficientemente grande para que su alimento pueda ser obtenido de ella y sus residuos absorbidos por la misma tierra (Turner, 1999)

Modalidades y niveles de tecnificación.

Aun cuando en México el sector social de la producción integrado por ejidatarios y comuneros es muy importante, la porcicultura especializada se concentra en el sector privado,

al cual corresponde el 90% de las unidades de producción y el 94% de la piara (Molina, 1997)

Se estima que un 70% de las unidades privadas son de ciclo completo; el resto son granjas de engorda, lechoneras en menor medida y un número muy reducido de granjas que producen pie de cría. Se estima que el sector tecnificado responde por el 55% de la producción de carne de cerdo, el semi - tecnificado por el 20% y el resto, que prácticamente no ingresa a los circuitos de comercialización regional y comercial, lo aporta el sector de traspatio (Pérez, 1997)

Excretas producidas por las granjas porcinas.

En el sector porcino se han venido presentando fuertes incrementos de productividad asociados estrechamente al proceso de confinamiento intensivo. Esto ha traído consigo que los volúmenes de excretas producidos por superficie sean mucho mayores y aunado a que en los sistemas de producción actuales se ha prescindido del uso de material cama, se ha creado un gran problema en la deposición de las heces. Además el uso de excretas animales como fertilizantes ha disminuido sustancialmente con la llegada de los fertilizantes químicos y con los problemas de contaminación ocasionados por un excesivo depósitos de heces en algunas áreas agrícolas, con la

subsecuente contaminación ambiental. Antes de la intensificación de la agricultura y el incremento en el tamaño de las piaras, una separación simple de las excretas de los animales de granja se lograba colectando los desechos animales con el material de cama y removiéndolo para realizar una composta. Estas estaban libres de patógenos y podían esparcirse en la tierra sin riesgo de contaminación. Hoy en día, el sistema se repite en producciones pequeñas, pero no hay tierras para su disposición, y en operaciones porcinas grandes, la disposición de las excretas se hace de manera líquida después de un proceso de dilución, el cual utiliza gran cantidad de agua. Este material líquido está compuesto de heces sólidas, orina y agua, y aunque puede usarse para fertilizar, su forma física favorece la penetración en la tierra y la contaminación de mantos freáticos, además de que solo en ciertas épocas del año es un material deseado por los agricultores, teniendo que almacenarse en forma anaeróbica, condición que favorece la sobrevivencia de diversos microorganismos patógenos. (Martínez, 1999)

La mezcla de residuos sólidos y líquidos que son acarreados por el agua de lavado se conoce como agua residual,

sus principales ingredientes son las excretas (heces y orina), agua, alimento desperdiciado, cama, suelo y otras partículas. Las tasas de excreción de heces y orina dependen de múltiples factores: edad del animal, su madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento ingerido, la cantidad de agua ingerida, el clima y otros factores menos importantes. Se sabe que la orina representa el 45% y las heces el 55%; el contenido de humedad de la excreta es de 88%; cerca del 90% de los sólidos se excretan en las heces y un 10% en la orina como minerales, potasio, fósforo y amoniaco-Nitrógeno. Los lechones, destetes y hembras lactantes excretan cerca del 8% de su peso vivo por día; los cerdos en crecimiento y finalización excretan cerca del 7% de su peso vivo por día; sementales y hembras gestantes y secas, animales que tienen un acceso limitado al alimento, excretan cerca del 3% de su peso vivo. Para efectos de cálculos de ingeniería se estima un promedio de 6.17 Kg. de heces y orina por día por unidad de producción animal. Las características más importantes de las excretas porcinas están relacionadas con los siguientes aspectos: parámetros físico - químicos, contenido de nutrientes de fertilización, micro nutrientes y metales, valor alimenticio y cuentas bacterianas (Sotero, 2002)

Parámetros físico-químicos de las excretas:

En países como México, donde la descarga de agua residual a cuerpos de agua esta permitida, se imponen limites máximos permisibles con base en parámetros físicos como los sólidos suspendidos totales(SST), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), grasas y aceites, alcalinidad, potencial de hidrógeno y temperatura. La estructura de los sólidos que se generan en una granja porcina se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estructura de sólidos en una granja porcina.

	Kg. / Unidad			% H y O	%Sólidos
	producción				totales
	animal/ día				
Solidos totales	0.75			12	100
Sólidos volátiles totales		0.60		10	80
Sólidos volátiles suspendidos			0.55		
Sólidos volátiles disueltos			0.05		
Sólidos fijos totales		0.15		2	20
Sólidos fijos suspendidos			0.05		

Sólidos fijos disueltos			0.10		
Sólidos suspendidos totales		0.60		10	80
Sólidos suspendidos volátiles			0.55		
Sólidos suspendidos fijos			0.05		

(Perez, 1997)

Utilidad de las excretas porcinas:

Nutrientes para la fertilización.

Los cerdos consumen alimentos de un alto valor proteico, sin embargo, son ineficientes transformadores y desperdician un alto porcentaje de las proteínas y micro nutrientes disponibles en los granos y oleaginosas que forman parte importante en la dieta convencional de la porcicultura moderna. Por esta razón, cerca del 1.3% de la excreta fresca contiene nitrógeno, fósforo y potasio que son fertilizantes primarios; otro 1.2% esta constituido por fertilizantes secundarios como calcio, cloro, azufre, sodio, etc. Considerando solo los sólidos excretados, casi un 10% de estos tienen valor como fertilizantes.

(Cuadro 2) El nitrógeno de las excretas es el elemento más importante; en los sólidos fecales se encuentra como nitrógeno orgánico y como urea en la orina. La acción bacteriana

transforma el nitrógeno orgánico en amoníaco y posteriormente en nitratos y nitritos. Las plantas absorben el nitrógeno en forma de nitratos que son altamente solubles; de allí que los excedentes no tomados por las plantas se infiltren en las aguas del subsuelo.

El fósforo combinado con él oxígeno forma fosfatos que es la forma como las plantas absorben el fósforo. El potasio se utiliza como fertilizante en forma de potasa (Sotero 2002)

Cuadro 2. Contenido fertilizante de las excretas.

PRIMARIOS	Mg/kg H y O	Kg/d*ton H y O	%SST
Nitrogeno tot.	8181		6.7
Amoniaco		4.9	4.0
Fósforo tot.	2127		1.7
Ortofosfatos		4.9	4.0
Potasio	4039		3.3
Potasa		4.9	4.0
SECUNDARIOS			
Boro	49		0.04
Calcio	4866		4.00
Cloro	3244		2.67

Fierro	324		0.27
Magnesio	973		0.80
Manganeso	32		0.03
Sodio	973		0.80
Azufre	1135		0.93
Zinc	81		0.07
Subtotal	11678	11.7	9.60

(Sotero, 2002)

Valor alimenticio de las excretas porcinas.

La práctica de alimentar rumiantes con las excretas porcinas esta ampliamente difundida en países de América latina. Las excretas se separan por medios mecánicos o manuales, se mezclan con granos y otros ingredientes como las melazas, y llegan a sustituir al grano hasta en un 40% en las etapas de engorda. La proteína cruda representa el 27% (0.20 Kg. de PC) de los sólidos excretados en las heces y orina por lo que en una granja de 1000 vientres con 6000 unidades de producción animal, se producen aproximadamente 1200kg de proteína cruda al día y en un año, mas de 400 toneladas (Campabadal 1996; Molina 1997)

Se estima que la energía bruta proporcionada por las excretas es de 2000 kilocalorías por unidad de producción animal por día y de 324,401 kilocalorías por tonelada.

Problemática

Los problemas ambientales que acarrea la porcicultura en México están estrechamente ligados al modelo de crecimiento que ha polarizado la producción; las características de esta porcicultura son las siguientes (Pérez , 1992-99):

Cuadro 3. Parámetros de valor alimenticio de las excretas.

PARÁMETROS	Kg/UPA*d	Kg/d*Ton H y O	%STT
Fibra detergente ácida	0.20	32	27
Fibra cruda	0.10	16	13
Proteína cruda	0.20	32	27
Extracto etéreo	0.08	13	11
Extracto libre de nitrógeno	0.40	65	53
Nutriente digestible total	0.60	97	80
Triptofano	0.10	16	13

(Sotero, 2002)

- Desarrollo especializado sin vinculación con la agricultura.
- Concentración de la piara en un número cada vez menor de grandes unidades productivas.
- Falta de disponibilidad de terrenos agrícolas para el uso de las sustancias residuales como fertilizantes y mejoradores del suelo.
- Reducida recuperación o reciclaje de sustancias residuales como fertilizantes elaborados (deshidratados o peletizados) o para la generación de biogás.
- Carencia de un programa de relocalización de granjas que se encuentran actualmente demasiado cercanas a ciertos núcleos urbanos cuyo crecimiento ha sido incontrolado
- Empleo de sistemas de alimentación con un alto contenido de proteínas, de las cuales el cerdo sólo asimila un 30 por ciento.
- Falta de atención al sector de traspatio
- Falta de atención a los problemas ambientales
- Falta de personal profesional capacitado en el manejo de residuos

A ese modelo de crecimiento, pernicioso para el ambiente y la salud humana, se suman diversos aspectos derivados de la conducta humana (Pérez , 1992-99):

- La resistencia a enfrentar el problema ambiental porque se considera que su solución representa sólo un costo y no un beneficio.
- Un conocimiento superficial de las tecnologías disponibles
- La falta de confianza en las tecnologías disponibles, debido a sus limitaciones inherentes y a que sus beneficios no han sido probados.
- El desconocimiento de los costos reales de los diversos sistemas de tratamiento y reciclaje.
- Un escaso conocimiento de la legislación ambiental, fiscal y de las normas vigentes.
- Las irregularidades administrativas relativas al agua.
- Una excesiva politización de los problemas ambientales.

México es un país pobre en recursos hidráulicos, Su precipitación pluvial promedio es de 700 a 770 mm/año con rangos que van desde 90 a 1800 mm/año y posee solo el 0.1% del agua dulce que hay en el planeta (Alcocer y Escobar, 1996)

Estos recursos están además mal distribuidos: Solo el 5% del agua se encuentra a mas de 2,000 metros de altitud donde se localiza el 86% de la población. Los rangos de consumo varían entre 40 litros / habitante / día y 400litros/ habitante / día.

Paradójicamente, aunque los cerdos están presentes en todo el territorio, su concentración es significativa donde los recursos hidráulicos presentan los mayores problemas de contaminación y escasez. En la cuenca del Río Balsas, en el centro del país, donde la concentración de centros urbanos y de actividades industriales y agropecuarias han ocasionado una sobre explotación de agua del subsuelo. En estados como Querétaro y Guanajuato la situación es critica, ya que el agua del subsuelo se ha abatido de 1 a 3 metros al año presentándose asentamientos en el terreno. La contaminación de aguas superficiales y subterráneas puede calificarse como grave.

En el noroeste; Sonora y Sinaloa donde se localiza el sector agro exportador más importante del país, las aguas subterráneas están sobre explotadas y las superficiales contaminadas por actividades agropecuarias, industriales y urbanas.

La situación es más delicada en el sureste, ya que en la península de Yucatán cuyos suelos son calcáreos, carece de agua

superficial debido a su pendiente topográfica casi nula y a la infiltración que produce el tipo de suelo, los acuíferos de esta región son los más vulnerables del país (Sotero, 2002)

Las granjas de producción porcícola, desde 1996 tienen una norma específica que establece los límites máximos en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; esta es la Norma Oficial Mexicana NOM-001ECOL-1996, emitida por la Secretaría del medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y operada por la comisión nacional del agua (CNA). Esta norma define a las aguas residuales, como aguas de composición variable provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios y domésticos (Carrera, 2000)

Establece también que los responsables de las descargas de las aguas residuales quedan obligados a presentar a la comisión un programa de las acciones u obras a realizarse para el control de la calidad de sus descargas, así mismo establece fechas límites para su cumplimiento (Carrera, 2000)

Descarga de aguas contaminadas.

La descarga directa de aguas contaminadas en quebradas o en cualquier otro lugar donde haya agua o corra agua puede

reducir la disponibilidad de oxígeno disuelto, destruir la vida acuática existente, y hacer que esa fuente de agua se convierta en un sitio inapropiado para abastecer a comunidades o el sitio sea inútil para otros beneficios que demanda el ser humano.

En forma semejante, el descargar aguas no tratadas o aguas provenientes directamente de procesos industriales en sistemas de alcantarillados urbanos existentes afectarían el comportamiento hidráulico para el que fueron diseñadas esas tuberías porque se aumentan las cantidades de agua a transportar; así como, se entorpecería el funcionamiento y reduciría la eficiencia de las plantas de tratamiento que pudieran existir al final del sistema de alcantarillas urbanas, esto por el exceso de carga, o por estar introduciéndosele contaminantes de diferente composición a los desechos domésticos para el que se pudo planear esa planta. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

Características generales de desechos líquidos agropecuarios.

Biodegradabilidad

En la mayoría de los casos, después de haberse removido el material no soluble, la razón entre Demanda química de oxígeno / Demanda biológica de oxígeno es baja (entre 1,4 1,8) comparado con la razón que al respecto se tiene para aguas

residuales domésticas que es cercano a 2,5. Esto significa que la biodegradabilidad es alta. Los desechos agropecuarios al capacidad de biodegradabilidad muy grande, significando esto que en los procesos de tratamiento, en plantas biológicas, la cantidad adicional de lodos a producirse es escasa. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

La demanda biológica de oxígeno es un dato que se obtiene de pruebas en laboratorio realizadas a muestras del agua contaminada bajo análisis. Este valor significa, en sencillo, la cantidad de oxígeno que un procedimiento biológico (en el cual, hay microorganismos involucrados) requiere para "procesar" la materia orgánica presente. Esto es, descomponerla en sus diferentes elementos hasta llevarla a compuestos muy sencillos. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

DQO, es demanda química de oxígeno, también es un dato a obtener en laboratorio como resultado de pruebas realizadas a muestras del agua contaminada que se desea tratar. Este término, como cantidad, incluye el dato de DBO más otra cantidad de oxígeno, la cual también es requerida en el tratamiento a aplicar y para procesar otra materia u otros elementos presentes en el desecho. Materia que también usa oxígeno para cambiar de estado, pero que al hacerlo no participan microorganismos, sino que son cambios que suceden

por medio de alguna reacción química. Siempre el DQO es un valor más grande que el DBO.

Flujo y contaminación variables

La mayoría de las actividades agropecuarias no tienen una salida de desechos constante o homogénea durante todas las horas de producción. Situación que es posible medir en aspectos como:

- flujo o caudal ($m^3/día$ o m^3/hr)
- carga de la contaminación (DBO y sólidos suspendidos)

Debido principalmente a razones propias de cada actividad (cambio de productos, existencia de períodos de limpieza, flujos no constantes, etc.) y dependiendo de situaciones estacionales. Entonces, si el propósito es darle tratamiento a las aguas contaminadas en una granja porcina, es muy importante conocer de estas fluctuaciones. Casi nunca resulta ser igual, el flujo real en m^3/hr a la división aritmética del flujo de $m^3/día$ entre 24. Situación principalmente debida a esas fluctuaciones típicas en las industrias que mueven líquidos, por las posibilidades de derrames, accidentes con válvulas, cambio de operarios, bebederos (pipetas) en mal estado, etc. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

Bacterias, virus y parásitos en las excretas porcinas

Tanto en el caso de los sólidos como el de los líquidos existe un riesgo sanitario por la presencia de diversos

microorganismos que sobreviven y hasta pueden multiplicarse en las excretas. Es importante que los productores que reciclan las excretas en la alimentación animal conozcan los riesgos de transmisión de diversos agentes (Martinez, 1999)

Cuadro 4. Bacterias presentes en las excretas de cerdos.

Salmonella spp.
Brucella spp.
Bacillus anthracis
Erysipelothrix rhusiopathiae
Escherichia coli
Leptospira spp.
Treponema hyodisenteriae
Campylobacter spp.
Listeria monocytogenes
Clostridium spp.

(Martinez, 1999)

Las condiciones físicas y químicas de los desechos determinaran el tipo de patógeno existente en el estiércol, su ocurrencia y aislamiento dependerán de la edad de las excretas,

del contenido de materia seca y por lo tanto de la dieta, y la posibilidad de acceso de otros microorganismos a los desechos.

La mayoría de las bacterias patógenas reduce su cantidad durante el almacenamiento de las excretas en forma líquida, si se toma en cuenta cambios de pH, temperatura y la presencia de otros organismos que compiten con ellos (Martínez, 1999)

Cuadro 5. Virus y problemática presentes en las heces de cerdos.

Enterovirus	Virus de Aujeszky
Parvovirus	Fiebre aftosa
Coronavirus	Enfermedad vesicular del cerdo
Rotavirus	Fiebre porcina clásica
Adenovirus	Fiebre porcina africana

(Strauch y Ballarini 1991)

Los virus (Cuadro 5) son completamente dependientes de sus huéspedes celulares para su existencia, es razonable pensar que su sobrevivencia en desechos fecales es difícil. Para evaluar el riesgo real de que las heces pueden representar un factor para la difusión de enfermedades virales es útil conocer el camino que siguen los diferentes virus que afectan al cerdo y

de esa manera establecer que riesgos se corren al emplear excretas en la alimentación animal.

Parásitos

En el caso de los cerdos la información es escasa debido a los sistemas de alojamiento y a los programas de desparasitación llevados a cabo, a las operaciones comerciales han reducido el problema al mínimo, sin embargo existen algunos reportes de algunos parásitos presentes en las excretas tales como: (Martinez,1999) (Cuadro 6)

Cuadro 6. Parásitos en las excretas de cerdos.

Eimeria
Ascaris
Oesophagonstomun
Strongyloides
Hyostrongylus
Trichuris

(Martinez, 1999)

Emisión de gases y contaminantes del aire.

Las naves ganaderas constituyen una importante fuente de contaminantes atmosféricos, tales como amoniaco, oxido nitroso,

metano y dióxido de carbono, que contribuyen a la acidificación del suelo y al calentamiento global (British Poultry Science, 1997)

La producción animal implica por ejemplo, la producción de dióxido de carbono (CO₂) por el uso de energía de combustibles fósiles, la emisión de óxido nitroso (N₂O) por el uso de fertilizantes inorgánicos y la emisión de metano (CH₄) por la digestión y el estiércol de las reses. La combustión de combustibles fósiles emite dióxido de carbono. De un modo más inofensivo, todos los animales de granja producen dióxido de carbono con su respiración normal. Las cantidades generadas anualmente por un animal se sitúan alrededor de 4000kg para ganado vacuno, 400kg para las ovejas, 450kg para los cerdos. (Phillips y Piggins 1992)

El metano es un gas invernadero mucho más potente que el dióxido de carbono, aunque su concentración en la atmósfera es relativamente baja. Esta aumentando en casi un 1% anual. La manipulación de animales en granja y del estiércol generan alrededor de 87 millones de toneladas anuales, alrededor del 16% de toda la producción mundial de metano. La mayoría proviene de la fermentación digestiva del ganado vacuno y el resto del estiércol líquido almacenado (Haan , 1996)

Se sospecha que el óxido nítrico contribuye en un 6% al efecto invernadero provocado por el hombre y que también contribuye a la disminución de la capa de ozono en la estratosfera. El uso de fertilizantes de nitrógeno inorgánico es una de las principales fuentes de óxido nítrico. Los óxidos de nitrógeno poseen un efecto nocivo adicional porque son una de las principales causas de lluvia ácida (Matson , 1998)

El gas amoníaco es una importante vía de escape de nitrógeno desde la ganadería hacia el resto del medio ambiente. Las emisiones de amoníaco están fuertemente ligadas al confinamiento de animales en granja.

Las emisiones de amoníaco en la ganadería avícola y porcina se estiman entre los 16 y 18kg anuales de amoníaco por cada 500kg de peso de cerdos confinados (Buss , 1999)

La concentración de contaminantes aéreos emitidos en los cobertizos animales puede ser suficientemente alta como para afectar a la salud de los animales o de los trabajadores de las granjas. Los contaminantes que poseen reglamentación por límites de exposición para animales y humanos en las edificaciones ganaderas son el amoníaco, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el formaldehído, ácido sulfúrico y el polvo inhalado. Un grupo de contaminantes conocido como endotoxinas aéreas se compone de fragmentos de bacterias,

partículas de insectos, de heces, polvo de la piel. Las endotoxinas han sido implicadas en enfermedades respiratorias y fiebres tóxicas en algunos trabajadores avícolas y porcinos (Wathes , 1997).

Los gases que inciden en la salud del cerdo y el operario que trabaja con ellos son:

Amoníaco (NH₃)

Este gas refleja el estado y frecuencia de la limpieza en las instalaciones porcinas. Se genera en mayores cantidades cuando se acumulan excretas y líquidos por más de 24 horas en temperaturas superiores a los 25 grados centígrados (Alonso, 2000)

Efectos y consideraciones.

- Los niveles varían con el grado de ventilación, el número de animales y el sistema de desechos
- Su eliminación no responde a un aumento en la ventilación, pero sí a una mejor limpieza
- Existe una correlación entre las concentraciones elevadas de amoníaco y artritis, estrés y abscesos

- La tos aumenta en los animales expuestos a altos niveles de amoniaco

Metano (CH₄)

Subproducto del metabolismo anaeróbico de los desechos de los animales; es más ligero que el aire, se deposita en el techo de las instalaciones. Es un gas flamable. Por lo general no representa un problema (Alonso, 2000)

Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Gas producido por el metabolismo de componentes azufrados de la dieta de los animales (aminoácidos). Tiene olor característico a huevo podrido es el mismo gas que despiden los volcanes activos. Ha sido causa de muerte inmediata en animales y hombres después del vaciado de fosas. La máxima concentración media permisible para evitar quejas es de 10ppm (Alonso, 2000)

Dióxido de carbono (CO₂)

Producto del metabolismo de los cerdos, su concentración es muy baja; sin embargo, puede ayudar a reemplazar el oxígeno en el aire de las fosas, contribuyendo al ambiente

relativamente atóxico que a su vez contribuye a la sofocación. Este gas refleja la densidad animal y el grado de ventilación de las instalaciones (Alonso, 2000)

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro e inodoro, producido por la combustión de calentadores cuyo combustible no se está quemando eficientemente. Puede ocasionar mortinatos y retraso en el crecimiento de lechones en el destete. El valor máximo recomendado en exposiciones de este gas en el hombre y el cerdo es de 50ppm (Alonso, 2000)

Determinación del grado de contaminación.

Cuando se pretende construir un sistema de tratamiento o la intención es descargar los efluentes de un proceso agropecuario en un sistema de tratamiento existente, es necesario conocer de la granja o agroindustria bajo estudio, por lo menos lo siguiente:

m³/día

m³/hr (valor máximo, y esquema de comportamiento diario)

Kg./día de DBO, DQO, sólidos sedimentables, Nitrógeno (N),

Fósforo (P)

Estos datos se pueden obtener por medio de:

- Estimación
- Medición

Estimación

Este procedimiento es posible cuando existen datos de fábricas, o empresas similares en los alrededores; donde los procesos llevados a cabo y las condiciones del medio son semejantes. Existe literatura internacional con datos sobre los parámetros que se requieren para los estudios de una planta de tratamiento. Sin embargo, debe entenderse que cada una de las experiencias son propias a cada una de las condiciones que rodean el sitio y proceso que se está siguiendo. Por lo que cualquier información tomada de fuentes extranjeras debe sufrir un tratamiento de tropicalización y apropiarlas a las condiciones que se están dando. El riesgo de este proceso para obtener datos por estimaciones es evidente. Si los parámetros adoptados son incorrectos, los sistemas de tratamiento podrían resultar sobrecargados porque se hicieron estimaciones menores del flujo realmente produciéndose o resultan las cargas reales ser mayores. Y en caso contrario, se pudieron hacer inversiones mucho mayores a las requeridas, las cuales adicionalmente al costo de inversión inicial, tendrán equipos muy sobredimensionados consumiendo en su operación otra gran cantidad de recursos. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

De acuerdo a algunos investigadores de países como los Estados Unidos los desechos provocados por ganado porcino se pueden caracterizar de la siguiente manera:

Tamaño del animal, en kg = 50

Producción de estiércol, Kg/día = 1,3 4,3

Sólidos totales, % base húmeda = 12 28

Sólidos totales, Kg/día = 0,4 0,7

Sólidos volátiles, % base seca = 83 87

Nitrógeno, Kg/día = 0,019 0,027

En forma semejante otros datos aportados por investigadores, también de ese país del Norte que caracterizan los desechos de un matadero y planta de empaque de carne de cerdo indican sobre las aguas de desecho lo siguiente:

Descarga, m³/ animal = 0,6

Sólidos suspendidos, mg/lt = 717

DBO, mg/lt = 1 045

Nitrógeno, mg/lt = 122

Otra referencia utilizada, principalmente para el estado de California que caracteriza desechos líquidos animales y la carga de una laguna anaerobia, plantea para el caso de una granja porcina lo siguiente: (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

Sólidos totales, gr./animal/día: 227363

Sólidos volátiles (SV), g/animal/día: 159280

DBO5, g/animal/día: 90150

Relación DQO/DBO: 2.2 a 5.2

Nitrógeno (N), % de sólidos totales: 4.0

Fósforo (P2O5), % de sólidos totales: 3.1

Volumen de laguna anaerobia, m³/animal: 2.5 a 5.0

Carga para laguna anaerobia, kg. SV/m³día: 0.06 a 0.12

Medición

Solamente, mediante la medición de cada uno de los elementos involucrados en el proceso que interesa, se podrá tener un mejor conocimiento de los flujos y cargas reales a tratar.

Por ello, al iniciar cualquier proceso con la intención de darle tratamiento a las descargas de desecho que se producen en una porqueriza o cualquier otra actividad agropecuaria es necesario medir el volumen diario y horario que representa el efluente, tomar muestras y analizarlas para definir los elementos contaminantes que las puedan caracterizar (DBO, DQO, N, P, sólidos suspendidos, etc., actualmente descritas en el reglamento de vertidos).

Una de las formas comunes para medir flujos o caudales es la obtenida al instalar en la salida de las aguas de desecho de la granja "una caja" de medición con un vertedero u otro instrumento de calibración, como podría ser la utilización de un estanque, de volumen conocido y tomar el tiempo que tarda en llenarse. Para conocer la composición de las aguas contaminadas se tiene como el mejor sistema la toma de muestras proporcionales durante todas las 24 horas (muestra compuesta) y durante varios diferentes días en períodos representativos. El sistema más común es aquel en el cual todas las muestras que se toman son del mismo volumen. (A lo largo del día de muestreo y cada vez que se toma una muestra se extrae la misma cantidad de agua). Siendo la frecuencia de muestreo sin embargo, variable y dependiente de la intensidad del flujo que se esté dando.

El muestreo realizado solo mediante el llenado de una botella con agua una vez al día (muestra simple o puntual) no es representativo y tendrá el mismo margen de error como el que tienen las estimaciones llevadas a cabo con información tomada de la literatura disponible. (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

Medidas internas para mejorar el funcionamiento de un proceso agropecuario

Cada industria agropecuaria debe intentar llegar a contar con el sistema de tratamiento de sus aguas de desecho al menor

costo posible. Y esto es posible lograrlo llevando a cabo varios ajustes internos en el proceso de trabajo.

De esta manera el primer paso y siempre el más barato es el que se realiza con la intención de ordenar el proceso, reduciendo por ese camino la cantidad de agua utilizada y en forma semejante reduciendo la cantidad de contaminantes que se arrojan. Agua. Deben ajustarse las válvulas ó llaves de paso de agua para que ellas permitan solamente el paso de la cantidad necesaria y no excesos. Utilización de bebederos (pipetas), así como tener separado el cauce que conduce las aguas de lluvia de las aguas de limpieza de la granja. Para labores de limpieza (pisos y equipos), es más efectivo y económico utilizar agua a presión, por tiempos cortos. Contaminación. Es más barato, en relación a esquemas de tratamiento, evitar que los elementos contaminantes se pongan en contacto con el agua (entre menos se le "eche" al agua, menos deberá extraérsele). Es claro que gran parte de la contaminación encontrada en las aguas de desecho es causada por la pérdida de producto en la línea de trabajo que se tenga. Entonces, reduciendo la cantidad de estas pérdidas y los regueros que pudieran existir, también se reducirán los costos de tratamiento y se aumentarán las cantidades efectivas del mismo proceso de producción, al hacerse el trabajo más eficiente (www.infoagro.go.cr/tecnologia/).

Características de un buen sistema de manejo de excretas.

- a) Que permita un aseo adecuado.
- b) Que facilite la remoción del estiércol.
- c) Que consuma poca agua.
- d) Que demande poca mano de obra.
- e) Que conserve las propiedades nutritivas.
- f) Que facilite el almacenado suficiente.
- g) Que suprima la emisión de olores ofensivos.
- h) Que permita el tratamiento adecuado al tipo producto a obtener.
- j) Que elimine patógenos.

www.fao.org/ag/aga/agap/

Respecto al tratamiento en lagunas de oxidación, el proceso es correcto cuando el uso de agua es abundante y se tiene superficie suficiente. El completo control de los olores requiere de una fermentación aeróbica, que puede requerir de aereadores mecánicos y un constante monitoreo que estime el grado de oxidación del material; esto hace que sus costos de operación sean altos y que la eficiencia de uso de la energía disminuya sensiblemente. Este sistema generalmente va apareado a la separación sólido-líquido con la intención de reutilizar

el agua en la limpieza de las instalaciones. En éste caso el tratamiento químico parece ser el más indicado para recircular el agua de inmediato, los olores pueden controlarse, pero se demanda equipos y reactivos aún caros y no siempre disponibles.

Necesariamente se tienen que considerar al estiércol y al agua asociada como dos recursos independientes que, al mezclarse, se afectan negativamente: los sólidos disminuyen la calidad del agua y, necesariamente, tiene que recibir un tratamiento para poder reintegrarse al medio; el estiércol pierde valor nutritivo, por la dilución acuosa, o por el arrastre de materia en solución, por ejemplo, hasta el 50% del N es arrastrado en la fracción líquida al momento de la separación sólido-líquido

Como práctico y conveniente económicamente, el ensilaje ha resultado ser el método más prometedor cuando se pretende recircular las excretas como alimento (Salazar y Cuarón , 1999)

Una de las ventajas de los ensilajes es que, al buscar el reciclaje de la materia orgánica, con éste proceso se libera a las aguas residuales de la granja de la materia orgánica, mejorando así su calidad biológica, o bien, dependiendo de los

sistemas de limpieza y recuperación, se puede incluso incorporar, al menos en parte, a las aguas al ensilado.

Por la pobreza energética de las heces, se requiere de adicionar, al ensilar, una fuente de azúcares de fácil degradación para inducir el proceso. El método es muy sencillo de operar, conserva y potencialmente puede modificar los nutrientes de las excretas. Al respecto, se parte del principio de reducir el pH de la mezcla hasta 5, o menos, por acción de bacterias acidificantes que fermenten los hidratos de carbono (aditivos obligados). El crecimiento bacteriano aumenta la cantidad de proteína verdadera y el producto final es rico en ácido láctico y otros orgánicos; con esto, se disminuye el mal olor y se logra eliminar a los patógenos potenciales (coliformes, shigella, clostridios y salmonelas).

La opción de fuentes de hidratos de carbono es de aquellos de alta fermentabilidad y de uso común en las explotaciones, además de que puedan estar disponibles todo el año, como es el caso de los granos molidos de cereales (que pueden incluirse en un 10%) o de la melaza de caña, la que puede incluirse en un 3% o más. Las mezclas con melaza de caña alcanzan un pH de 4.5 mas rápidamente, de 3 a 5 días, y las mezclas con grano molido, tienen la ventaja de añadir proteína verdadera. La mezcla de

grano molido y melaza con las excretas es la mejor opción ya que se aprovechan los efectos de ambos aditivos y se logra, por las diferencias en solubilidad, dar continuidad a la fermentación de la mezcla. Además ambos ayudan a regular el contenido de agua: la humedad idónea al ensilar los materiales es de al rededor del 60% (las fuentes de hidratos de carbono actúan para reducir el agua de la mezcla). De ser necesario, se podrán agregar esquilmos agrícolas (pajas y rastrojos) que fijen el agua de las excretas y le den mejor consistencia al ensilado. Ahora bien, conviene subrayar la necesidad de exponer al total de la masa de excretas a ensilar a los hidratos de carbono, lo que bien se logra con un mezclado ligero a pala, o con mezcladoras implementadas con un tambor de 200 litros, como ya se realiza en algunas granjas. El silo (recipiente) para la mezcla de estiércol variará dependiendo del tamaño de la explotación y de sus recursos, bien puede ser uno convencional (de trinchera) de mampostería, o cualquier otro contenedor; el límite de capacidad de los silos debe calcularse con a la cantidad de estiércol que se recupere y con la tasa de extracción para su uso en la alimentación; es recomendable hacerlo disponible diariamente (www.fao.org/ag/aga/agap/)

En consecuencia el valor de las excretas y sus "aditivos" al ensilar deben seguirse muy de cerca y cada explotación tendrá su mezcla óptima.

Algunos resultados de alimentación con ensilajes de heces de cerdo muestran ganancias de hasta 800 g/día en bovinos alimentados solo con el ensilado de estiércol, cuando este contuvo 10% de grano, 3% de melaza y 5% de pajas para ajustar la humedad inicial (al 60%) (Salazar y Cuarón , 1999)

Recuperación de subproductos

Una gran cantidad de los desechos que ahora son considerados como desperdicio, lo que representa una gran cantidad de posibilidades al definirse su reutilización. Así, se pueden tener aplicaciones de esos remanentes y utilizarlos como fertilizantes, alimento animal y/o producción de biogas.

Los estiércoles en la alimentación animal.

Como alternativa no contaminante, las excretas excedentes a las necesidades de fertilización de los suelos, se han destinado directamente a la producción de alimentos de consumo animal pero, en principio, el reciclaje de estiércol no llega a

solucionar del todo el potencial contaminante, ya que la especie objeto del reciclaje generará a su vez desechos. El uso de las excretas de los animales en la realimentación, obedece principalmente a su elevado contenido de materia mineral y de nitrógeno, el que representa su mayor riqueza, aunque cuentan con una pobre concentración de energía (Salazar y Cuarón , 1999)

En general, el nitrógeno se concentra en mayor cantidad en las heces de aves, seguido por las de los cerdos y las de bovinos; las diferencias obedecen a la actividad digestiva y metabólica, así como a la composición de sus dietas, pero hay variaciones en función del tipo de materiales con que se mezclen, de los sistemas de alojamiento y del manejo de los animales, así como los de recuperación y almacenado de los desechos. Lo que es indudable es que las excretas tienen el potencial de ser una fuente de riqueza si se les considera, no como un desecho, sino como una materia prima disponible todo el año para su reciclaje en la alimentación. En el caso de las aves domésticas en el mercado mexicano se aceptan de dos tipos de productos: la pollinaza y la gallinaza, cuyo uso se ha logrado consolidar en un sistema de producción partiendo de la alimentación de ovinos y bovinos para ceba. Esto quizá obedece

a su baja humedad, que las hace de fácil manejo. Actualmente, se recicla una gran parte de las excretas avícolas, por ejemplo, en algunos estados del centro de la República, se estima que cerca del 90% de las excretas se usan en la engorda de rumiantes alcanzando precios cercanos a los de los granos de cereales. En muchos casos, han llegado a incluirse en la dieta de rumiantes como el ingrediente mayoritario, aún mezclados con granos y (o) melaza; calcinados, estos desechos se han utilizado como fuentes muy disponibles de calcio y fósforo. Sin embargo, particularmente debido a un reciente brote de influenza aviar, por disposiciones oficiales de orden sanitario, en México se restringe la movilización de las excretas de aves entre regiones, recomendándose un tratamiento térmico previo al transporte, aún en un mismo estado (Salazar y Cuarón , 1999)

Por su gran disponibilidad, las excretas de cerdo están cobrando relevancia en la engorda de rumiantes, ya como una actividad secundaria a la cría de cerdos, ligada al manejo de los estiércoles en la misma granja, o bien, como un producto exportado a las engordas intensivas de ganado. El reciclaje de heces, o sólidos recuperados, de cerdos es una buena opción de control de la contaminación, ya que las excretas de rumiantes

tienen un menor valor contaminante al provocar una menor demanda química y biológica de oxígeno, o por su menor densidad de nitrógeno, fósforo y otros elementos minerales. Para el uso de las excretas de cerdos, se ha encontrado que, en el 80% de las explotaciones porcinas en México, se limpian los corrales con un sistema tradicional de barrido y arrastre, lo que facilita la recuperación de los sólidos para la alimentación; en cambio, en instalaciones más modernas, con pisos de rejillas, se tiene que recurrir a mecanismos de separación de la fase sólida y acuosa de los desechos (Salazar y Cuarón , 1999)

La cantidad de residuos recuperables influye de manera importante en el potencial contaminante. En ocasiones, la población animal se concentra en áreas muy pequeñas, por ejemplo, en la zona porcícola de La Piedad, en una superficie de 250,000 Has. hay más de un millón de cabezas, mismas que producen anualmente un cuarto de millón de toneladas de estiércol. Sin embargo, la concentración posibilita también su destino económico a las engordas intensivas de rumiantes. Otro ejemplo es la región de los Altos de Jalisco, en la que, además de ser una zona con una alta producción de cerdos, se tiene una alta densidad de aves y ganado bovino; el reciclaje de excretas

entre especies ocupa un lugar importante en la economía de los sistemas de producción. Por otro lado, el porcicultor que utiliza el reciclaje de excretas, en la realimentación de los cerdos, tiene la idea de que con esta práctica se ahorra alimento. Sin embargo, éste es un concepto discutible, ya que si se toma en cuenta el valor nutritivo de las excretas y los días en que los cerdos llegan al peso de mercado, la práctica es ineficiente. Respecto a esto, se ha determinado que al realimentar las excretas (aún fermentadas) a los cerdos hay una reducción de la digestibilidad de la materia seca y de sus componentes, no solo por efecto directo de ésta, sino además, por un fenómeno de digestibilidad asociativa que empeora el uso de los otros ingredientes, por lo que se recomienda siempre su reciclaje cruzado con otras especies, típicamente los rumiantes (Salazar y Cuarón , 1999)

Recomendaciones practicas para el manejo de gases en instalaciones porcinas.

Una de las graves limitaciones de la producción porcina radica en el control del ambiente, entendido este como el

efecto de la temperatura, las corrientes de aire, la humedad, el periodo de luminosidad y los gases nocivos (Alonso, 2000)

Bioseguridad en granjas porcinas.

Además de mantener las condiciones adecuadas para preservar la salud del hato dentro de la granja, y considerando la alta posibilidad de transmisión de enfermedades de una granja a otra por vías diversas, es necesario disminuir al máximo el riesgo de entrada a la granja de gérmenes patógenos ajenos a la misma.

La prevención de enfermedades, detección temprana y respuesta rápida de las mismas son la clave de un manejo efectivo de la situación. La detección temprana de problemas de salud potenciales depende de una cuidadosa observación de los parámetros de producción, condición del medio ambiente, inspección clínica de los animales, lesiones patológicas y resultados de laboratorio clínico. El entendimiento del estado de salud de la granja mediante una vigilancia de rutina es útil como un punto de partida para diagnóstico si se detectan problemas sanitarios y así tomar acciones preventivas y correctivas. (www.iicasaninet.net/pub/sanani/)

Medidas de bioseguridad en granjas

A continuación se enlistan las principales medidas de Bioseguridad que deben tener las granjas porcinas para disminuir lo menos posible el riesgo de entrada de enfermedades infecciosas:

- Aislamiento. Se habla de diferentes distancias (1 hasta 10 km), sin embargo el mejor criterio es el de mientras más lejos de otras explotaciones porcinas es mejor, debiendo estar la granja al final de su camino de acceso.
- Diseño. En el que se permita operar bajo el sistema "todo dentro - todo fuera", por semana, por lo menos en las áreas de maternidad y destete, y por cada una ó 2 semanas en el área de finalización.
- Cuarentena. Separada por lo menos a 300 m de la granja, cumpliendo los mismos requisitos de aislamiento, acceso, control de vectores, cerco perimetral, módulo sanitario, malla pajarera.

- Sistema de dos, tres o múltiples sitios. Todo cerdo de auto reemplazo que provenga de un sitio 2 ó 3 para ser introducido a un sitio 1 deberá pasar por aislamiento (cuarentena).
- Cerco perimetral. Con mínimo de 2 m de altura, cimentada y de malla ciclónica.
- Acceso. El acceso a la Unidad está prohibido, únicamente podrán hacerlo el personal de la misma, los Consultores técnicos y personal autorizado. Se deberá colocar en lugar visible el procedimiento a seguir durante la ducha y cambio de ropa. El visitante deberá leer el reglamento de descanso entre Unidades de Producción previo a la ducha y declarar si cumple o no con los requisitos marcados en dicho reglamento. Así mismo deberá leer el procedimiento a seguir durante la ducha y cambio de ropa. Ningún vehículo podrá cruzar el cerco perimetral.
- Alimento. El alimento será servido hacia las tolvas desde afuera del cerco perimetral. Se deberá autorizar la fuente de origen del alimento, por el director de producción y/o técnico consultor.

- Agua. Deberá de ser de pozo y cumplir con los requisitos físico-químicos y biológicos publicados en la literatura especializada.
- Materiales y equipos. El material y equipo que deba entrar a la Unidad, deberá ser desinfectado y asoleado antes de ingresar a las instalaciones.
- Medicinas, biológicos y otros. Deberán ingresar a la Unidad una vez desprovistos de su empaque.
- Módulo sanitario. Con regaderas y vestidores funcionando. Todas las personas autorizadas a entrar, deberán dejar su ropa y accesorios en el área sucia del módulo, ducharse perfectamente con agua y jabón, poniendo particular atención al pelo y unas, y así pasar al área limpia en la que se vestirá con ropa exclusiva de la Unidad.
- Malla pajarera. Que evite la entrada de pájaros a todas las instalaciones que alojen cerdos y bodegas de alimento.

- Fosas para depósito de cadáveres o incinerador. En el caso de incinerador, éste debe estar en buen estado y que cumpla con todos los requisitos legales.
- Excretas. Contar con un sistema de manejo de excretas que cumpla con las regulaciones dictadas por CONAGUA, incluyendo el registro de descarga de aguas residuales.
- Disposición de desechos. Desechos como mortalidades, placentas, etc... deberán ser depositadas en fosas diseñadas para ello.
- Inmunización. Los Consultores diseñarán el programa de inmunización adecuado.
- Control de plagas. Tener un programa de control de plagas (roedores, moscas, etc...) permanente.
- Personal. El personal deberá ser consciente y estar capacitado sobre la importancia que tiene el no tener contacto con cerdos que no sean de la granja o con animales enfermos de otras especies.

- Oficina. Funcionando en las mejores condiciones.
- Registro de visitas. se deberán registrar las visitas de personas autorizadas en un libro de registro en el que se especifique: Nombre del visitante, empresa, motivo de la visita, fecha y lugar del último contacto con cerdos.

(www.iicasaninet.net/pub/sanani/)

Medidas de bioseguridad en el transporte de animales. (aplica sólo a transportación de cerdos para el abasto)

Los transportes deberán lavarse y desinfectarse inmediatamente después de entregar en rastro o en sitio. Descansarlo para poder acercarlo de nuevo a la granja en donde se volverán a lavar y desinfectar por lo menos 12 horas antes de cargar. El cerdo que entre en el camión durante el embarque ya no podrá regresar a la granja por ningún motivo.

(www.iicasaninet.net/pub/sanani/)

Medidas de bioseguridad en el transporte de alimento.

El proveedor que surta alimento a las granjas deberá contar con un programa de bioseguridad aprobado por la Dirección de Producción y/o Consultor.

- Los transportes deberán lavarse y desinfectarse inmediatamente después de entregar a otras granjas, descansar por lo menos 12 horas para poder acercarlo de nuevo a la granja a surtir.
- Durante el transporte el camión deberá evitar lo más posible el acercarse a otros vehículos que transportan cerdos.
- No deberá detenerse en ningún lugar en donde se detengan otros vehículos que transportan cerdos.
- Deberá contar con una bitácora de entregas y lavados.

Servicio veterinario.

Con el objeto de mantener una evaluación constante del estado sanitario, de los niveles de producción y de las medidas de bioseguridad, es conveniente contar con programa de Vigilancia Veterinaria, el que puede constar de visitas veterinarias por un veterinario consultor externo, inspecciones de vísceras en rastro, análisis de laboratorio.
(www.iicasaninet.net/pub/sanani/)

Visita a granja e inspección en rastro.

En cada visita se deberán considerar los siguientes puntos:

- Revisión de acciones de visita anterior. Al llegar a la granja revisar los avances y resultados de las acciones tomadas de acuerdo a las recomendaciones dictadas durante la visita anterior realizada por cualquiera de los
- Revisión de bioseguridad. Se revisarán y comentarán cada uno de los puntos sobre bioseguridad señalados en un formato que deberá ser diseñado y llenado en cada visita.
- Revisión de parámetros de producción. Tener listos reportes impresos de parámetros de producción semanales, mensuales y anuales, así como tener accesible la información extra necesaria para el análisis de otros reportes. Se revisarán y comentarán cada uno de los parámetros de producción de los reportes semanales, mensuales y anuales. El Veterinario Consultor podrá pedir otros reportes de producción que considere necesarios a ser analizados.
- Inspección clínica. Una vez analizados los parámetros de producción, se debe realizar la inspección clínica del hato en cada una de las salas del sitio.

- Realización de necropsias y toma de muestras. Realizar necropsias de la mortalidad presente en el sitio y tomar muestras para apoyar el diagnóstico clínico patológico. En caso de no haber mortalidad o de no ser suficiente la información obtenida de las necropsias de la mortalidad, se determinará si es necesario el sacrificio de cerdos para generar más información. Determinar qué muestras enviar, el laboratorio al que van a ser enviadas y las pruebas solicitadas. Tener accesible el material y equipo necesario para el sacrificio de los cerdos (electrochoque). La realización de las necropsias (mesa, cuchillos con filo, guantes de hule, mandil de plástico, tijeras de disección, bisturí y segueta), toma y envío de muestras al laboratorio (bolsas de polietileno nuevas, frascos con formol al 10 %, hisopos, congelante, caja de poliuretano, cinta adhesiva).
- Sangrados. Determinar si es necesario tomar muestras de sangre para serología, de que cerdos y en qué número, así como las pruebas a trabajar y el laboratorio a ser enviadas. Las muestras de sangre deberán ser tomadas el mismo día de la visita al sitio, por lo que se deberá

contar con el material necesario (agujas, jeringas, congelantes, caja de poliuretano, cinta adhesiva).

- Inspección en rastro. Programar con oportunidad el envío a rastro de por lo menos 20 cerdos finalizados para ser revisados.
- Tener accesible el material necesario para la toma de muestras y envío de las mismas.
- Al día siguiente de la(s) visita(s) al (los) sitio(s), realizar la inspección de lesiones en el rastro y tomar las muestras necesarias para apoyar el diagnóstico.
- Dictado de recomendaciones. Dictar las recomendaciones para corregir y/o mejorar de acuerdo a las conclusiones hechas durante la(s) visita(s) y revisión en rastro.
- Implementación de recomendaciones. Las recomendaciones dictadas deberán ser implementadas en tiempo de acuerdo al grado de urgencia señalado.
- Seguimiento a resultados de laboratorio. Una vez obtenidos los resultados de laboratorio, estos serán enviados al Veterinario Consultor de Area y al Veterinario Consultor Regional para su análisis.

- Confirmación o modificación de recomendaciones. Una vez analizados los resultados de laboratorio se dictarán la confirmación o la modificación de las recomendaciones dictadas durante la visita.
- Seguimiento a las recomendaciones dictadas. Se dará seguimiento a la implementación de las recomendaciones dictadas con revisión semanal.

(www.iicasaninet.net/pub/sanani/)

Sistemas de descontaminación productiva

Los sistemas de descontaminación productiva tienen como principal característica el que tratan de extraer al máximo la energía, materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales mediante diferentes procesos físicos y biológicos.

Al extraer estos recursos se logra que en cada paso, el agua vaya recuperando paulatinamente su calidad. Uno de los pasos finales posibles es el uso de las aguas parcialmente procesadas para el abonamiento de cultivos y/o praderas (Chara, 1997)

Biodigestores

En ellos los residuos son sometidos a una fermentación anaeróbica y como fruto de ella se obtiene un gas que posee 66% de metano y puede ser empleado como combustible para cocción de alimentos, calefacción de instalaciones y funcionamiento de motores y calderas. Además, el afluente resultante del proceso no pierde sus propiedades como fertilizante pues los nutrientes no disminuyen su disponibilidad o ésta aumenta como en el caso del nitrógeno. Los biodigestores, tienen como principales ventajas su bajo costo, su facilidad de instalación, su fácil manejo y su mínimo mantenimiento. El tamaño de los

biodigestores puede ajustarse de acuerdo a la cantidad de aguas a tratar.

El efluente resultante del proceso de biodigestión puede ser empleado en el abonamiento de cultivos o pasturas o si no existe el área para irrigar, se debe tratar mediante el cultivo de plantas acuáticas (Pedraza y Chará, 1997).

Canales de plantas acuáticas

Los canales de plantas acuáticas son un paso complementario del tratamiento de las aguas residuales que se da en los biodigestores. En ellos operan factores físicos de filtración, sedimentación y adsorción; biológicos de degradación y absorción de los nutrientes que quedan disponibles. Las plantas actúan creando un ambiente apropiado para que las bacterias y otros microorganismos actúen sobre los desechos degradando la materia orgánica en elementos asimilables por las plantas (Polpraset, 1989).

El tamaño de los canales depende de la cantidad de aguas residuales a tratar y su forma y distribución pueden adaptarse a las condiciones topográficas de la explotación.

El tiempo de retención en los canales, al igual que en los biodigestores varía de acuerdo a la temperatura y debe ser mayor en clima frío. Se estima que la temperatura de retención tanto para los biodigestores como para los canales debe ser de 10 días en clima cálido, 15 días en clima medio y 20 días en clima frío, aunque algunos factores pueden modificar este parámetro general. En los canales, la reducción respecto del residuo inicial puede llegar hasta un 95 a 97%, a la vez que se obtiene una biomasa importante de plantas acuáticas que puede usarse como abono o alimento animal (CIPAV, 1998).

Al comienzo de los canales la planta más apropiada a sembrar es el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) que, por los sedimentos que capta en sus raíces y los nutrientes que absorbe, es un buen abono. En los canales finales, cuando se ha logrado un buen nivel de descontaminación, se puede producir lemna (*Lemna minor*) la cual absorbe bien el nitrógeno y alcanza niveles de proteína de hasta un 38% (Chará et al, 1997). Este contenido proteico, junto con su alta palatabilidad y su facilidad de suministro la hacen ideal para alimentación de cerdos, aves o ganado.

Cultivos agrícolas asociados.

Son importantes porque pueden aprovechar los abonos generados en los canales tales como los lodos y la biomasa de las plantas acuáticas.

Se pueden tener cultivos en hileras entre los canales tales como el plátano, el banano y la papaya entre otros, los cuales toleran relativamente bien la humedad y aprovechan muy bien la materia orgánica que se les adiciona.

Las pasturas y otros cultivos que se irrigan con los efluentes de los biodigestores o los canales se pueden también considerar como asociados pues aprovechan los nutrientes, la materia orgánica y la humedad de los residuos para la producción. Se evita así el uso de las fuentes de agua para disponer estos residuos y se obtiene un pasto de buena calidad para la producción bovina de leche o de carne (Sáenz, 1985.)

Policultivo de peces.

Las aguas resultantes de los canales, o aun de los biodigestores, puede emplearse también en el abonamiento de estanques de peces para estimular la productividad primaria y aumentar la producción. El efluente de los canales puede aplicarse en mayor cantidad que el de los biodigestores por tener mucho menor contenido de materia orgánica. En los dos casos es necesario tener agua limpia para adicionar al estanque. Se recomienda sembrar ejemplares de distintas especies que se complementen entre si y aprovechen más el alimento disponible (Sáenz, 1985.)

Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Con el fortalecimiento que se está dando a las leyes sobre vertimiento de aguas residuales es necesario que todas las producciones "contaminadoras" establezcan sistemas de descontaminación a reserva de pagar grandes sumas de dinero de acuerdo a la contaminación que causen.

Los tratamientos pueden ser físicos como la filtración, la sedimentación y la evaporación; químicos, entre los que se cuentan la neutralización y la precipitación y biológicos que

se dividen a su vez en aeróbicos y anaeróbicos: al primer grupo pertenecen las lagunas de oxidación y los lodos activados; y al segundo, los reactores UASB y los biodigestores.

Generalmente algunos de los sistemas físicos mencionados se emplean para "acondicionar" los residuos para un posterior tratamiento.

Entre los sistemas biológicos (lagunas de oxidación, lodos activados, biodigestores), los tratamientos aeróbicos han sido los más empleados hasta el momento. Sin embargo, éstos presentan ciertas características que los hacen más dependientes de insumos y energía para su funcionamiento (Sáenz, 1985.)

Lagunas de estabilización.

Las lagunas de estabilización son la técnica más sencilla que existe para el tratamiento de aguas contaminadas. Consisten en retener el agua contaminada en estanques poco profundos durante períodos de tiempo, suficientes como para provocar la degradación de la materia orgánica contaminante por medio de actividad microbiológica. Funcionan en forma natural, sin la intervención de mecanismos ideados por el ser humano, como

podrían ser sistemas para aumentar la temperatura del agua, o equipos mecánicos de aireación, u otros.

Sus ventajas se definen por la simplicidad extrema de su funcionamiento. La naturaleza no se equivoca, no hay equipos que se dañen, ni mañas para lograr el éxito. Pero, la naturaleza es lenta, necesitándose largos períodos de retención y demandándose en consecuencia, grandes extensiones de terreno. Igualmente, la actividad biológica es afectada por la temperatura para su funcionamiento natural en las lagunas. Por ello, las lagunas de estabilización son apropiadas para aquellos lugares donde la tierra está disponible y no es muy cara, donde el clima sea favorable, y donde se quiera un sistema de tratamiento sencillo, sin equipos, ni grandes requisitos técnicos para su operación(Sáenz, 1985.)

Resumen

La presión de las autoridades por controlar la contaminación ambiental y la preocupación generalizada por reutilizar algunos de los insumos en las granjas porcícolas está dando origen a la creación de subsistemas de producción pecuaria. Estos subsistemas dependen de la actividad de producción animal que genera los contaminantes como ejemplos se tienen; la engorda de ganado con excretas de cerdo en unidades aledañas a las granjas porcícolas, el reciclaje de las aguas empleadas en las diferentes actividades del sistema de producción, producción de compostas que devuelvan la fertilidad robada a los suelos durante la producción de forrajes entre otras estos procesos, además deben ofrecer facilidad de manejo en el mercado y su sencilla integración al sistema de producción.

El manejo adecuado del estiércol porcino debe tener como objetivos prevenir la contaminación de los suelos y de las aguas superficiales y subterráneas, prevenir la evaporación del amoníaco y de gases invernadero.

Existen nichos, de producción regional a pequeña escala, que permiten la utilización de estiércoles reciclados; en éstos casos, los residuos pecuarios que se integren deberán dar

origen a nuevos esquemas de producción; que para al caso, existen pocos ejemplos exitosos en México en el uso de excretas en la alimentación de rumiantes, producción de fertilizantes, producción de combustibles, que por ahora de mucho menor importancia, está el uso de excretas de cerdo.

LITERATURA CITADA

Alonso, S. M. 2000 Recomendaciones practicas para el manejo de gases en instalaciones porcinas de confinamiento total. Los porcicultores y su entorno año 3 (4) : 42-43.

México

Budeo, M. G. 1997 La política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política ambiental: lecciones de América latina. Instituto nacional de ecología. México

Campabadal, C. 1994. Utilización de la cerdaza en la alimentación del ganado de carne como una alternativa para evitar la contaminación ambiental. Nutrición Animal Tropical (C.R.) 1: 73-95.

Campabadal, 1995. Utilización de excretas porcinas en la alimentación del ganado, en memorias seminario sobre manejo, tratamiento y reuso de excretas porcinas. Navojoa, Son. México.

Carrera , S. I. 2000 Proyecto de apoyo para el uso, manejo y control de excretas y residuos orgánicos Los porcicultores y su entorno. Año 3 (18) 71-75, México.

Chará, O. J. 2003, El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV). México.

Gutiérrez, E.; KU, J. 1996. Utilización del estiércol de cerdo en la alimentación de los rumiantes. *Nutrición Animal Tropical* (C.R). 3:19-41.

Martínez, G. G. 1999 Consideraciones sanitarias para el reciclaje de excretas porcinas. *Los porcicultores y su entorno*. Año 2 . (11) 10-15 México.

Molina, J.R. 1997. Utilización de la cerdaza en la alimentación animal. Una alternativa para disminuir la contaminación ambiental. *Memorias del Segundo Seminario sobre Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos*, Querétaro, México.

Pérez, E. R. 1997 Porcicultura intensiva y medio ambiente en México, situación actual y perspectivas. Instituto de investigaciones económicas. UNAM.

Pérez, E. R. 1993. Perspectivas de la porcicultura en México. *XV Simposium de Ganadería Tropical*. Veracruz.

Salazar, G. G. 2003, Manejo y aprovechamiento integral de residuos orgánicos de granjas porcícolas en Jalisco. Instituto Nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias, campo experimental centro de Jalisco.

Salcedo, J.; KU, J. 1992. Valor nutritivo de la excreta de cerdo secada al sol para el ganado bovino. XVII Congreso Nacional de Buiatría . Villahermosa, Tabasco, México. p. 192-194.

Sosa, R. 2003 Tratamiento y uso de recursos producidos con excretas porcinas. Instituto de investigaciones porcinas La habana, Cuba .

Sotero, L.D. 2002, Avances en la producción porcina. Apuntes mimiograficos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Taiganides, E.P., Pérez, R. y Girón, E. 1996. *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM, México.

Turner, J. 1999. *Ganadería industrial y medio ambiente*. Compasión in world farming trust.

Verdoes N. 1994. Frenando la contaminación de la producción porcina. *Acontecer porcino*. 2 (2) : 4-14. México.

www.funprojal.org.mx/proyectos/pecuarios/27/8rresiduos

www.iicasaninet.net/pub/sanani/html/bioseguridad_porcinos.htm

www.infoagro.go.cr/tecnologia/CERDO/#REMANENTES).

www.ingenieroambiental.com/new3informes/cerdos.htm

www.irta.es/xarxatem/ALIMENTAR.htm

www.ppca.com.ve/vp/articulos/vp41p27.htm