

## Capítulo VII

# Gestión ambiental

**Dr. Jesús A. Guevara González<sup>1</sup>, Dra. Adelfa del Carmen García Contreras<sup>2</sup>, Dra. Yasmin Guadalupe De Loera Ortega<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. <sup>2</sup>Laboratorio de Imagenología, Lic. en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Metropolitana. <sup>3</sup>Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid.

**Correspondencia:** [inguevarag@yahoo.com.mx](mailto:inguevarag@yahoo.com.mx)

### Contenido

Introducción

Manejo de desechos sólidos

Manejo de líquidos

Manejo de olores

Manejo de la mortalidad

Referencias

**Para citar este capítulo:** Jesús A. Guevara González, Adelfa del Carmen García Contreras, Yasmin Guadalupe de Loera Ortega. **Gestión ambiental.** En: Susana Verónica del Castillo Pérez, Álvaro Ruíz, Jesús Hernández, Josep Gasa, Editores. Manual de Buenas Prácticas de Producción Porcina. Lineamientos generales para el pequeño y mediano productor de cerdos. Red Porcina Iberoamericana. 2012: 78-96.

## Introducción

La gestión ambiental debe contemplarse como una parte importante y obligada de cualquier industria pecuaria, ya que permite organizar las actividades humanas para evitar la contaminación ambiental, a través de la aplicación y análisis de actividades como el manejo de los recursos utilizados para la producción animal, previniendo o mitigando los posibles problemas ambientales.

La contaminación ambiental generada por la industria pecuaria ha sido como consecuencia de las prácticas intensivas y confinadas de la producción animal, instalada en espacios con alta densidad porcina, cercanos a ríos o fuentes hidrológicas, poblaciones humanas o animales sin ser controladas según la normativa existente en los países.

Algunos de los factores que han influido para que los residuos de la producción animal sean considerados una fuente de contaminación incluyen: disponibilidad de tierra, calidad y educación de la fuerza laboral, cultura tecnológica del productor y muy importantemente la cercanía a los asentamientos humanos, ya que la actitud y la opinión pública han jugado un papel determinante para la definición de los desechos como un problema de contaminación.

En particular el sector porcícola ha sido estrechamente supervisado, ya que se ha considerado como el sector con mayor impacto ambiental. Sin embargo, aspectos como la nutrición, genética, sistemas de alimentación, tipo de instalaciones, sistema de almacenamiento, así como la gestión de aguas residuales, de purines y heces y de animales muertos han sido modificados y mejorados a través de la aplicación de normativas. Con ello se ha evitado, reducido y controlado el impacto de los desechos producto de la cría de cerdos. Por otra parte, no sería adecuado ver el efecto ambiental de la producción porcina de forma parcial, por ello hay que considerar todas y cada una de las fases del proceso productivo. El impacto ambiental debe ser observado como un todo, evitando la transferencia de contaminantes de un medio «Agua (subterránea o superficial)-Suelo-(acumulación de nutrientes)-Atmósfera (calentamiento global y olores, polvo o ruido)» a otro, considerando las particularidades de cada instalación y de cada entidad ambiental receptora.

En el entendido que todo proceso de producción genera residuos, los cuales pueden ser sustancias u objetos, que desprenden contaminantes. Por lo que, para cada uno de estos productos existe un proceso de evaluación y análisis, utilizando valores límites de emisión de sustancias contaminantes (VLESC) considerando las características técnicas de las instalaciones, su implantación geográfica, y las condiciones locales ambientales.

En la actualidad, existe una tendencia a visualizar de forma diferente a los desechos de las granjas porcinas, reconociendo que no todos son productos perjudiciales para el ambiente, y por lo tanto, su uso puede ofrecer beneficios. Una nueva forma de

describirlos es mediante la utilización de conceptos como “Uso eficiente de los desechos porcícolas” (UEDP), además de implementar un plan de gestión de nutrientes (PGN), para el aprovechamiento de los desechos porcícolas líquidos y sólidos.

### Manejo de desechos sólidos

La gestión de residuos sólidos incluye los procesos de reducción, reutilización, reciclado, acondicionamiento y disposición final. Para poder llevar a cabo estos procesos se requiere la separación de dichos residuos en la fuente de los mismos, por lo que, la señalización resulta de suma importancia. La generación de residuos sólidos puede categorizarse en tres tipos, en función de su procedencia:

- Residuos sólidos orgánicos. Constituidos por las excretas de los cerdos, quienes en promedio producen al menos un decimo del peso vivo día<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup>. Se estima que desde el destete hasta su sacrificio producen 1.36 Kg de heces día<sup>-1</sup>, y que una hembra y sus cerdos pueden producir 13 toneladas de excretas por año, con un contenido de materia seca del 10%. Asimismo, aunque en menor cuantía la mortalidad, el alimento, placentas y restos de material para la cama de hembras en lactancia (paja, periódico y aserrín).
- Residuos sólidos domésticos. La mayor parte de estos son vidrio, plástico, papel, sacos, y materiales de oficina.
- Residuos sólidos peligrosos. Dentro de estos residuos se incluyen todos aquellos provenientes de productos farmacológicos, y biológicos que son resultado de su mal manejo (productos vencidos, dañados, jeringas, agujas, navajas, etc.).

La cantidad de desechos sólidos que se producen en las granjas porcinas esta en relación a la cantidad de animales existentes, al grado de tecnificación de las mismas y a la capacitación del personal. En los siguientes Cuadros (1 y 2) se observa la cantidad de desechos sólidos que se generan en un proceso de producción.

#### Cuadro 1. Producción mensual de residuos sólidos en una granja porcícola

Tipo de Residuo	Cantidad por cada 1000 hembras (kg)	Proporción (%)
Empaque de alimento (polipropileno)	205.2	83.3
Vidrio	22.3	9.1
Metal	0.2	0.1
Plástico	17.7	7.2
Caucho	0.9	0.4
<b>TOTAL</b>	<b>246.3</b>	<b>100</b>

\*Desechos calculados en una granja de 1000 hembras.

**Cuadro 2. Producción mensual de residuos sólidos en una granja de 975 lechones.**

Tipo de Residuo	Cantidad por cada 975 lechones (kg)	Cantidad por lechón producido (g)	Proporción (%)
Empaque de alimento (polipropileno)	1.17	12	7.7
Empaque de alimento (papel)	13.58	136	89.1
Vidrio	0.04	0	0.2
Metal	0.11	1	0.7
Plástico	1.28	13	8.4
<b>TOTAL</b>	<b>15.24</b>	<b>162</b>	<b>100</b>

Los desechos sólidos más importantes y viables de controlar son:

- **Alimento:** Los principales puntos de desperdicio se encuentran en:
  - *Comedero.* Alimento que puede quedar pegado a las paredes del comedero, o aquel que no fue consumido y debe ser retirado, así como, el que cae a la fosa de deyecciones o a los pasillos y se combina con el agua residual, orines y excretas. La cantidad de desperdicio de alimento en este caso, esta en relación con el tipo, colocación y capacidad del comedero, características del alimento como sabor, olor y granulometría.
  - *Sistemas de suministro.* Los gusanos transportadores, cangilones, carretillas, costales, cucharones pueden presentar roturas, y con ello contribuir al desperdicio y mal manejo del alimento ya que el operario puede tener poco cuidado al suministrarlo.
  - *Almacenamiento:* El inadecuado manejo y/o descuido en el almacenamiento y resguardo de los sacos de alimento, ya que pueden encontrarse sacos rotos, tolvas agujeradas, rotas o desoldadas, pisos húmedos, rejillas quebradas. Los cuales pueden contribuir al deterioro del alimento (presencia de micotoxinas, alimentos rancios, presencia de roedores). Todo este desperdicio de alimento ocasiona procesos de contaminación que deben evitarse. Por lo que, un permanente sistema de vigilancia y mantenimiento puede reducir las pérdidas por estas causas. En este sentido la trascendencia de dicho desperdicio es la mezcla que se genera con el purín y que aumenta el nivel de Nitrógeno y gases que se producen. Una buena gestión en el manejo de estos residuos puede llevar a una pérdida no mayor del 5%, la cual es considerada como normal.
- **Estiércol:** El estiércol o excremento es frecuente que se mezcle con el alimento, orines y agua del bebedero y lavado, por lo que el 80% de este producto suele ser separado una vez que sale de la nave de producción. El 20% restante se retira sin ser mezclado con los líquidos, pero sí con otros productos dependiendo de su procedencia (etapa o edad de los cerdos). En el

caso de las cerdas en lactancia se puede encontrar el excremento combinado con placentas o loquios, paja o cualquier material utilizado como cama, y en el caso de los lechones, una mezcla con alimento desperdiciado y paja. Asimismo, es frecuente encontrar en el área de cerdos de engorda una mezcla de excremento con alimento desperdiciado. A pesar de ello, el excremento como materia sólida puede ser utilizado de diversas maneras:

- Fertilizante orgánico a través de:
  - Compostaje. Empleado para mejorar las propiedades químicas y biológicas de los suelos. Los terrenos se vuelven más sueltos y porosos, permitiendo que el suelo retenga más agua. El compostaje consiste en almacenar una pila de excretas húmedas (normalmente mezcladas con paja), de consistencia suelta, para que tenga lugar la digestión aeróbica. El material se transforma lentamente en una masa orgánica friable, húmeda, estable y libre de olores, que se esparce en los terrenos.
  - Lombricultura. Es una herramienta práctica y rentable, que permite el reciclaje de la materia orgánica, (genera abono orgánico). Este proceso se lleva a cabo en presencia de oxígeno, digestión aerobia, que permite que las proteínas se transformen en aminoácidos.
  - Excremento sin procesamiento. Favorece la contaminación de los campos y por tanto de ríos y mantos freáticos. El manejo del excremento como fertilizante ha contribuido a la degradación de los suelos, por lo que, debe ser utilizado en función de la superficie del terreno, tipo (riego o seco) y época. La cantidad anual máxima de excremento a aplicar al terreno será aquella que contenga 170 Kg de Nitrógeno por hectárea y año. No obstante, durante los primeros programas de actuación cuatrienal, se podrá permitir una cantidad de estiércol que contenga hasta 210 Kg por hectárea y año. Su uso como abono deberá respetar una distancia de al menos 200 m respecto a los núcleos urbanos. La presencia de metales pesados u compuestos orgánicos en el excremento puede contribuir a una menor calidad de suelo, por lo que, es necesaria su identificación y cuantificación
- Alimento: El empleo de excretas en la alimentación animal demanda baja infraestructura y tecnología, además de requerir poca energía para su procesamiento y así contribuir en la disminución de los costos de producción por concepto de alimentación. Las excretas porcinas pueden considerarse un ingrediente con niveles medios de minerales, fibra, proteína y extracto etéreo. Es importante señalar que su uso como alimento, debe ser cuidadosamente tratado para evitar la contaminación por parásitos, virus o bacterias que alteren el estado sanitario de la granja.
- Generador de gas metano. Se puede utilizar el excremento para producir gas metano y con ello proveer de energía, la cual es utilizada

para calentar agua para regaderas, o los sistemas de calefacción de las naves para lechones.

- Basura. Envases de medicamentos, otros materiales sanitarios y de oficina. Los envases de medicamentos, desinfectantes, detergentes y productos de limpieza, que no son peligrosos, deben ser desechados conforme a la normativa, debiendo ser depositados en recipientes homologados. Los equipo o envases médico-clínico como recipientes de bacterinas o vacunas, agujas, jeringas, guantes desechables, cuchillas de bisturí, o vacutainers, deben ser depositados en contenedores especiales, los cuales se almacenan separados del resto de residuos, así como, desinfectados o inactivados para su envío y posterior eliminación ya que son considerados como materiales peligrosos. El resto de los residuos sanitarios, constituidos principalmente por envases de medicamentos (no biológicos), no tienen la categorización legal de peligrosos, pero tampoco son asimilables a urbanos, por lo que también, deben almacenarse en contenedores especiales y gestionarse como corresponde. Una vez separados y almacenados los distintos productos considerados como basura y los residuos considerados como tóxicos, se solicita que sean retirados de la granja por los organismos pertinentes. El resto de residuos que no son considerados peligrosos se retiran de forma directa en los contenedores ubicados en la granja para su eliminación y retiro por parte del municipio. No es recomendable la utilización de recipientes vacíos (desechados) para almacenar alimentos, agua u otras sustancias que puedan ser consumidas por las personas o proporcionadas a los animales por equivocación. Por otra parte, cajas de cartón, bolsas de papel o plástico, así como de poliuretano, son también almacenadas y enviadas como productos no tóxicos, urbanos, de acuerdo a la normativa.

### **Manejo de líquidos**

Los desechos líquidos generados en una granja porcina, provienen de diferentes fuentes, dentro de las que se encuentran:

- Bebederos
- Limpieza de las instalaciones
- Baño, regadera y cocina utilizada por los empleados de la granja
- Vados de entradas
- Agua de lluvia
- Aspersores para los animales, áreas verdes
- Orines
- Orines mezclados con excremento, tanto de animales como de humanos
- Parte del agua incluida en los alimentos

Uno de los componentes líquidos que se producen en los sistemas porcícolas en grandes cantidades son los purines, los cuales son una mezcla de diferentes materiales con un contenido medio de humedad superior al 85%. Dado sus componentes, orgánicos, los purines se pueden considerar como un abono de gran valor para la agricultura. Sin embargo, pueden representar un problema ambiental en zonas con altas concentraciones ganaderas, ocasionando un exceso de contaminantes hacia el suelo, debido a la acumulación de minerales (Fósforo, Zinc, Cobre, entre otros), atmósfera (malos olores debido a los compuestos amoniacales y descomposición orgánica) y al agua (contaminación por Nitrato, ión altamente soluble).

Dentro de la gestión de purines y con base a las normativas vigentes, se pueden utilizar metodologías para tratar de disminuir la cantidad de deyecciones producidas y el manejo de las mismas, por lo que, en primera instancia, se deberían caracterizar los purines pudiendo con ello determinar el posible fin de de los mismos, así como el volumen extraído. Al mismo tiempo daría un indicio de alguna problemática existente en el sistema de producción (exceso de agua, limpieza, etc.)

Cuando sea utilizado para abono, se deberá justificar el cumplimiento del régimen de distancias de los cursos de agua, fuentes, pozos, núcleos de población, etc. en la dispersión de purines. Cuando la gestión se haga mediante otros sistemas, deberá justificarse adecuadamente el tratamiento aplicado. Si la gestión la realiza una empresa externa, se dispondrá del correspondiente contrato de aceptación. Si es el propio titular de la instalación quién lleva a cabo la gestión de este residuo, deberá someter a los trámites oportunos el sistema de tratamiento instalado.

Con respecto a los lugares de almacenamiento de purines (ejem. fosas de purín, balsas, fosas de decantación y lagunas), la frecuencia de vaciado, ha de estar en torno a los 4-5 vaciados anuales y siempre antes de superar los 2/3 de su capacidad, además de garantizar una capacidad total para su retención, en especial durante las épocas en que no es factible su utilización para cultivos (4 a 6 meses) evitando presentar fugas por derrames o infiltraciones al subsuelo, lo anterior de acuerdo con las normatividad existente Tomando en cuenta que existen zonas vulnerables a la contaminación por Nitratos procedentes de fuentes agrarias. Otra manera de gestionar los purines, es tomando en cuenta que la mayor parte de las emisiones gaseosas se producen durante la fase de almacenamiento de las deyecciones en las fosas y durante su aplicación agrícola, por lo que, una manera sencilla para reducir la contaminación atmosférica de la explotación es a través del cubrimiento de las fosas de purines, lo cual puede transformar el depósito en un reactor de biogas de bajo coste que trabaja a temperatura ambiente.

Aunque ningún tratamiento es capaz de hacer desaparecer completamente los purines, existen algunos componentes que se pueden eliminar mediante su transformación en compuestos gaseosos: el agua (se transforma en vapor de agua), la materia orgánica (se transforma en dióxido de Carbono) y el Nitrógeno (se transforma en Nitrógeno molecular). El resto de componentes únicamente se pueden separar o concentrar.

Por lo anterior, un manejo que es recomendable implementar es la separación de sólidos, con lo cual facilita el manejo posterior de los productos obtenidos. Por otro lado, el agua residual, es agua cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes, que conllevan al deterioro de la calidad física, química o biológica de la misma. El agua residual se caracteriza por su mal olor, por poseer altos contenidos de sólidos totales, coliformes fecales y materia orgánica. Además de poseer considerables cantidades de nutrientes (minerales y compuestos nitrogenados) los cuales inciden directamente en la calidad del agua del afluente receptor.

### **Contaminación del agua**

Debido a que el agua que se utiliza en los animales y humanos debe ser potable, la calidad debe determinarse a nivel de laboratorio con una muestra representativa. Los contaminantes en el agua se miden rutinariamente en función de los sólidos contenidos. El total de sólidos disueltos (TSD), son un buen indicador de la calidad del agua, los cuales no deben rebasar los  $5,000 \text{ mg L}^{-1}$  (aun cuando se prefieren menos de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ ).

El Oxígeno disuelto, es un importante parámetro de calidad del agua, en donde es deseable que el contenido de Oxígeno disuelto sea de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ . Las aguas de desecho crean una demanda de Oxígeno, misma que debe ser satisfecha por el Oxígeno disuelto en los cuerpos receptores de agua, si se excede, entonces habrá una mayor proliferación bacteriana que consumirá el Oxígeno, creando condiciones de anaerobiosis.

Para evitar tan alto impacto ambiental del agua residual, se utiliza como primera instancia la recuperación de los sólidos (ejemplo: dilución de los contaminantes en el agua usada).

### **Muestreo de agua**

El muestreo de aguas residuales debe ser representativo a fin de lograr veracidad de los datos a obtener en el proceso de análisis. El muestreo de aguas residuales será realizado por el personal del laboratorio de análisis de constatación que este certificado, si se quiere que cuente con carácter legal. En dicho muestreo, es importante considerar la procedencia de los líquidos residuales, esto es, si provienen de un sistema que cuenta con tratamiento, o que provengan de distintos puntos de colección, como pueden ser el agua de lluvia, de uso doméstico, de charcas o bebederos, o de la separación de sólidos, lo anterior debido al número de sitios a muestrear y volumen requerido para el análisis.

## Contaminantes de suelo

El Nitrato es una de las formas en las que el Nitrógeno se encuentra en el suelo, el cual es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. La fertilización nitrogenada de los suelos agrícolas con abonos minerales u orgánicos y las prácticas de eliminación de residuos con alto contenido en Nitrógeno procedentes de la actividad agrícola o ganadera, en especial de líquidos residuales de las granjas porcinas, son el principal contaminante del suelo, pudiendo llegar a contaminar también, aguas superficiales y freáticas con concentraciones superiores a los límites de seguridad permisibles.

Contaminación del suelo y aguas subterráneas: Las aguas subterráneas, como recurso destinado principalmente a satisfacer el consumo humano, deben protegerse. Existe un incremento en el contenido de Nitratos en las aguas subterráneas, los cuales en ocasiones superan los límites establecidos como aptos para el consumo humano ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ). El principal origen de la contaminación hídrica por Nitratos son las fuentes agrarias, debido a las prácticas inadecuadas de abonado nitrogenado (estiércol). Cuando se aplica estiércol al terreno con fines agrícolas, el Amoniaco sufre un proceso de oxidación (nitrificación) mediante el cual se transforma en Nitrato. El Nitrato es una forma muy soluble que se mueve fácilmente en el perfil de suelo, de tal manera que todo lo que no es absorbido por el cultivo es susceptible de lixiviación y, por lo tanto, fuente potencial de contaminación de las aguas subterráneas. Por esta razón, es necesario controlar las cantidades de estiércol que se aplican al suelo, sumando a lo anterior la permeabilidad, textura del suelo, condiciones climáticas y, por supuesto, el tipo de cultivo y momento de aplicación.

Por su parte el Fósforo contenido en el estiércol es liberado por la acción de los microorganismos. En los suelos agrícolas el Fósforo es un elemento esencial, debiéndose aportar regularmente después de cada cultivo por la alta demanda de las plantas, que lo absorben en forma de iones fosfato monobásico y dibásicos. Al contrario de lo que ocurre con el Nitrógeno, el Fósforo es uno de los nutrientes menos móviles en el perfil del suelo debido a que los fosfatos forman compuestos insolubles con los iones Hierro y Aluminio en suelos ácidos y con Calcio en los suelos alcalinos, por lo que, no se producen riesgos de lixiviación y de contaminación de las aguas subterráneas. Protección de las aguas superficiales. El agua residual no debe ser arrojada a zonas vulnerables, las cuales se definen como aquellas zonas cuya escorrentía o filtración afectan a las aguas superficiales o subterráneas, superando los límites fijados en la normativa de cada país.

## Manejo de olores

La noción de bienestar y de calidad ambiental implica en lo que a olores se refiere, la existencia de un ambiente que desde el punto de vista sensorial, sea agradable, ya que junto con el polvo y el ruido son las molestias que continuamente son denunciadas por la población. Los olores tienen un fuerte componente psicológico que puede

llevar a un estado de incomodidad e intolerancia. Las unidades de producción que son fuente de olores, y que tienen cercanía a núcleos de población humana, tienen frecuentemente demandas ciudadanas por el olor que de ahí se genera, el cual puede o no ser motivo de disgusto en toda la población, pero que inducen al retiro de estas unidades porcícolas.

Los olores se pueden clasificar de acuerdo a sus características sensoriales (organolépticas) más trascendentes como: a) *Intensidad*, la cual se expresa en ppm y cada olor presenta una curva característica que refleja la intensidad olfativa y su concentración; b) *Calidad*, la cual llega en primer lugar al cerebro por lo que, la primera impresión es del tipo hedonista más que algo real pudiendo definirla como perfumado, ácido, rancio, pútrido, quemado; y c) *Aceptabilidad*, la cual es un valor subjetivo (aceptable, desagradable, intolerable).

Los compuestos responsables del olor son muy variados. Los principales compuestos en estado molecular son polares, algunos ácidos, otros básicos y/o neutros y su emisión depende del diseño y mantenimiento de las instalaciones (Cuadro 4), así como, de la gestión que se realice durante el proceso de almacenamiento, tratamiento y reutilización de excremento, aguas residuales, desechos orgánicos y agrícolas. Se han descrito cerca de 170 compuestos volátiles, relacionados con olores desagradables, siendo algunos productos de la degradación anaerobia incompleta de carbohidratos, ácidos grasos y proteína excretados (Cuadro 4).

**Cuadro 3. Principales fuentes de emisión al aire, originadas de la producción animal.**

Emisión al aire	Punto de Producción
Amoniaco	Alojamientos, almacenamiento y aplicación de purines, estiércol y aguas residuales en campo
Metano	Alojamientos, almacenamiento y tratamiento del estiércol
Óxido nitroso	Almacenamiento y aplicación de estiércol
Dióxido de carbono	Alojamientos, energía usada para iluminación, ventilación y transporte
Olor	Alojamientos, almacenamiento y aplicación en campo
Polvo	Preparación y almacenamiento del pienso, alojamientos animales, almacenamiento y aplicación de estiércol sólido

El depósito en la atmósfera de compuestos como el dióxido de Azufre, óxidos de Nitrógeno y Amoniaco, puede originar en el medio receptor una serie de efectos nocivos que de forma colectiva se denominan “acidificación”. Por su parte, el 90% del Amoniaco generado tiene su origen en el sector agrícola y ganadero, produciendo también acidificación y eutrofización. Asimismo, el Amoniaco se asocia principalmente al intenso y rechazado olor que producen las granjas porcícolas. Por

ello, normativas relativas a la prevención y control integrado de la contaminación, tienen como objetivo evitar o cuando ello no sea posible, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, agua y suelo, mediante el establecimiento de un sistema de protección del medio ambiente en su conjunto.

#### Cuadro 4. Compuestos relacionados con el olor de las granjas porcinas

Compuesto	Origen	Límite de detección olfatoria ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
Ácido acético	Fibra: degradación en heces	25 a 25000
Ácido propiónico	Fibra: degradación en heces	3.0 a 890
Ácido butanoico	Fibra: degradación en heces, Histidina	4.0 a 3000
Ácido 3 metilbutanoico	Fibra: degradación en heces	5.0
Ácido pentanoico	Fibra: degradación en heces	0.8 a 70
Fenol	Fenilalanina, Tirosina	22 a 4000
4-metilfenol (p-cresol)	Triptófano, Tirosina	0.22 a 35
Indol	Triptófano	0.6
3-metilindol (escatol)	Triptófano	0.4 a 0.8
Metanetiol	Metionina, Cisteína, Sulfatos	0.5
Dimetilsulfuro	Metionina, Cisteína, Sulfatos	2.0 a 30
Dimetildisulfuro	Metionina, Cisteína, Sulfatos	3.0 a 14
Dimetiltrisulfuro	Metionina, Cisteína, Sulfatos	7.3
Sulfuro de Hidrógeno	Metionina, Cisteína, Sulfatos	0.1 a 180

Por lo tanto, los gases y olores en una explotación deben ser analizados en su punto de origen, el cual suele encontrarse en los:

- Edificios e instalaciones,
- Depósitos de estiércol,
- Terrenos de la aplicación de estiércol, purines o líquidos residuales.

De los contaminantes gaseosos más importantes se puede señalar:

- Metano. Que es producto de la fermentación entérica (ciego e intestino grueso), depende de la calidad y cantidad de alimento consumido, gasto energético, edad, tipo racial y peso del animal. Se genera durante la estabilización anaeróbica de los purines, como consecuencia de degradación de ácidos orgánicos, en donde la cantidad liberada depende de la cantidad de desperdicio producido y la cantidad que de éste se descompone anaeróbicamente, lo cual dependerá del manejo que se dé a este desecho, ya que si es tratado como líquido (lagunas y pozos) tiende a descomponerse anaeróbicamente y con ello favorecer la producción de Metano, mientras que si se maneja como sólido (apilado o en montones) o cuando se recicla para uso en praderas, tiende a descomponerse aeróbicamente reduciendo la

producción de Metano. Un sistema para controlar las emisiones de este gas procedente de los desperdicios de animales que se emiten a la atmósfera, es a través de la remoción frecuente del fango y el material sólido, lo cual, resulta en un bajo número de bacterias metanogénicas. Asimismo, se puede favorecer el desarrollo de bacterias productoras de Metano, para generar biogás. Este gas es explosivo a concentraciones de un 5 y un 15%.

- **Amoniaco.** Generado y acumulado dentro de las instalaciones, es dependiente de factores como el sistema y frecuencia de colección de deyecciones (orina y heces), contenido de urea, temperatura, flujo de aire, área (m<sup>2</sup>), capacidad de las fosas de deyección, hacinamiento y declive del drenaje. Muchos de estos factores están determinados por el diseño de las instalaciones (corrales y tipo de materiales). Otro factor que influye sobre la concentración de Amoniaco es el pH. El Amoniaco en solución está en equilibrio con el Amonio en forma dependiente del pH y solamente el Amoniaco puede ser expulsado, por tanto, si se disminuye el pH de las excretas resultará en una conversión de Amoniaco a Amonio y con ello una disminución en la emisión de Amónico al medio. Por otra parte, un sistema de alimentación adecuado ayuda a evitar problemas de contaminación. Esto debido a que se puede tener mayor control sobre el animal y el aprovechamiento de los nutrientes. Los programas de alimentación en fases, han mostrado que reducen la excreción de nitrógeno en un 13% a 17%.
- **Sulfuro de hidrogeno.** Se genera en condiciones de anaerobiosis por descomposición bacteriana de materia orgánica con Azufre (aminoácidos azufrados) en las heces. Es producido continuamente, concentrándose en la fosa de purín, debido a que su peso es mayor que el aire, aunque al mover o vaciar el purín se libera rápidamente. En humanos, concentraciones mayores a 10 ppm suele producir irritación y a partir de 100 ppm el olfato se desensibiliza y no es capaz de detectar el típico olor a “huevos podridos”. A partir de 200 ppm es letal ya que provoca edema pulmonar, inconsciencia, coma y muerte. Entre 500-700 ppm, produce semicoma, y a 1000 ppm se produce la muerte de los animales.
- **Dióxido de carbono.** Proviene de la propia respiración de los animales, aunque también se puede originar por degradación de los ácidos orgánicos. Un cerdo genera 450 Kg/año y en la atmósfera tiene una concentración de 30 ppm. En granja no se debe sobrepasar los 2000 ppm. Entre 5000 ppm y un 1% de este gas predispone a mordeduras de colas. Por encima de un 4%, puede generar asfixia ya que desplaza al Oxígeno.
- **Monóxido de carbono.** Su origen es debido a un fallo de combustión de los sistemas de calefacción o bien de procesos catabólicos. Puede causar mortalidad en lechones cuando existen niveles de entre 200 y 300 ppm, la tasa de crecimiento se reduce (25%) y a niveles de 4000 ppm puede causar la muerte de lechones.
- **Polvo.** La emisión de polvo, procedente de una granja no se considera como un problema de contaminación ambiental, pero puede contribuir a la difusión

de olores. Es frecuente que un alto nivel de polvo se observe dentro de las naves cuando se utilizan piensos molidos sin granular, y con bajo nivel de compactantes, así como, cuando los sistemas de alimentación son defectuosos, la limpieza es incorrecta y poco frecuente. También, una inadecuada ventilación favorecen el acumulo de polvo. Sin embargo, el efecto que causa sobre la respiración de los animales y personas es lo más preocupante.

### **Mecanismos para controlar la emisión de olores**

Existen cuatro actividades para disminuir la cantidad de gases:

- Adecuado manejo nutricional para mejorar la fisiología digestiva de los animales, aprovechando los nutrientes (minerales y Nitrógeno principalmente) y evitando la excreción de compuestos (AGV) que producirán los gases;
- Disminución del desperdicio de alimento.
- Separación anticipada del material orgánico (alimento, placentas, heces), evitando la mezcla con líquidos residuales.
- Tratamiento de los desechos que los animales producen (separación de sólidos, lagunas de oxidación, adición de controladores de pH y enzimas).

Desde el punto de vista de estrategias alimenticias, algunas se enlistan a continuación:

- Es deseable favorecer la disminución del índice de conversión al menos en 0.1%, lo cual puede reducir un 3% la excreción de nutrientes;
- Reducir el desperdicio de alimento. Se estima que el contenido de Nitrógeno y Fósforo del purín aumenta en un 1.5% por cada 1% de incremento en la cantidad de alimento desperdiciado por el cerdo, por lo tanto, el nivel máximo de desperdicio no debe superar un 5%. Es conveniente poner particular interés en áreas como maternidad y destete.
- Evitar excesos de suministro, procurando no rebasar la capacidad de los comederos.
- Utilización de Proteína ideal.
- Programas de alimentación por fases.
- Alimentación por sexos.
- Formulación con base a la digestibilidad de nutrientes y biodisponibilidad de las materias primas.
- Implementación de tecnologías para la fabricación de alimentos.
- Uso de aditivos en el alimento para mejorar la eficiencia.
- Reducción de sustratos fermentables.

### **Sistemas de depuración de gases**

- Adsorción: Es un proceso utilizado para recuperar disolventes. Se emplean adsorbentes que se recuperan mediante procesos de regeneración térmica o

química. Estos sistemas, cuentan con una alta eficiencia (95%) y la posibilidad de recuperar los contaminantes, pero generan residuos sólidos y líquidos.

- Absorción: Proceso en el cual una sustancia penetra en la estructura interna de otra. Este sistema tiene una alta eficiencia (99.9%), sin embargo, genera residuos líquidos que deben ser tratados. La absorción en casos de contaminación atmosférica suele realizarse a través de medios líquidos (agua generalmente). Los factores que intervienen en el proceso de absorción son la relación líquido-gas, solubilidad de contaminantes en la fase líquida, condensación de vapores, superficie de contacto, tasa de riego y pulverización.
- Combustión: Consiste en la oxidación completa de compuestos gaseosos orgánicos que se transforman en CO<sub>2</sub> y en vapor de agua. La principal ventaja de estos procesos es que consiguen eliminar o disminuir la capacidad contaminante de las sustancias. Sin embargo, requiere de gran inversión y de desactivación del catalizador en el caso de que se utilice combustión catalítica. No obstante, el propio proceso genera residuos que deben también ser desechados.

Medidas correctivas o preventivas para evitar la emisión de gases y olores en la atmósfera.

- Limpieza y sanitización de las instalaciones. Debiendo considerarse techos y zonas por donde fluya aire desde o hacia los galpones y lugares que acumulan grandes cantidades de polvo que se convierten en fuentes importantes de olor.
- Remoción de excretas. Se deben considerar horarios, frecuencias y dirección del viento dominante, para minimizar la posibilidad del surgimiento de olores y partículas en zonas cercanas como áreas residenciales y lugares públicos. El estiércol debe ser vaciado cada 5 a 7 días, ya que la porción de sólidos que permanecen en la fosa después de que se vacía puede ser causa de niveles elevados de olor.
- Emisión de olores. Controlarlos durante el tratamiento de residuos líquidos y sólidos.
- Cortinas vegetales, El uso de árboles o arbustos aromáticos para minimizar la emisión de olores hacia sectores poblados o viviendas aisladas se observa como una solución. Las cortinas vegetales deben estar orientadas hacia las plantas de tratamiento o de almacenaje de purines y no en dirección de los pabellones, ya que las condiciones ambientales de éstos se pueden ver afectadas.
- Pérdidas de agua. Supervisión de bebederos y charcas.
- Eliminación inmediata de cadáveres y residuos biológicos (placentas, tejidos etc.).
- Remoción y limpieza de comederos que contenga alimento húmedo y fermentado.

## Manejo de la mortalidad

La eliminación de cadáveres de animales se ha convertido en un tema importante en el ámbito mundial como consecuencia de la crisis de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE). Los cadáveres producidos en las granjas han de ser recogidos, transportados, y destruidos por empresas certificadas (autorizadas).

Los manejos recomendados para que la gestión de cadáveres sea eficiente y adecuada, evitando que la bioseguridad y el ambiente se vean afectados negativamente, son:

- Los cadáveres inmediatamente después de ser encontrados y como mínimo al final del día, tienen que ser retirados y llevados al sitio destinado para su almacenaje (contenedor), en el cual no deben durar más de 48 h.
- El traslado de las bajas hasta el contenedor tiene que ser de forma higiénica, evitando sobre todo derramar las secreciones (sangre, o cualquier otro material producto de la descomposición). Es conveniente que los operadores que manejan los cadáveres, utilicen, carros transportadores, y guantes para no exponerse directamente a los cadáveres (Fig. 1).
- Los contenedores (cualquiera que este sea), deberán de ser de un material que se pueda limpiar y desinfectar con frecuencia y además serán de uso exclusivo para este trabajo. (Fig. 2).
- Evitar que el traslado de los cadáveres se realice a través de naves ocupadas por animales sanos.
- En ningún caso, los cadáveres deben quedar expuestos a la intemperie (vía pública o al alcance de animales domésticos, salvajes o de la misma granja), ya que pueden convertirse en vectores directos o indirectos.
- Llamar al servicio de recogida lo más pronto posible para evitar problemas de olores, líquidos, crecimiento de insectos, incremento de población de roedores, etc.



Figura. 1. Carro transportador de cadáveres.  
(Fuente: [www.3tres3.com](http://www.3tres3.com))



Figura 2. Contenedores de cadáveres. (Fuente: www.3tres3.com)

### Sistemas de gestión de cadáveres

La gestión eficaz de los cadáveres a nivel de granja, permitirá reducir el riesgo de enfermedades, la toma de medidas específicas que eviten y/o minimicen el riesgo de transmisión de patologías de una explotación al exterior.

Las normativas vigentes señalan que los cadáveres deberán ser desechados de una manera sanitaria. La forma más higiénica y menos peligrosa es la incineración de los cadáveres en los centros específicos de destrucción, los cuales están generalmente subvencionados por organismos públicos y amparados por los seguros agrarios. O enterrados, no obstante, es necesario disponer de una fosa de cadáveres, hermética e impermeable dentro del recinto pero con valla independiente.

Dentro de los diferentes sistemas para la gestión de la mortalidad se tienen las siguientes alternativas:

- Fosa de enterramiento o fermentación. Quizás el método más barato y práctico para los pequeños porcicultores, países con pocos recursos, con climas cálidos, y siempre y cuando la fosa sea impermeable, utilice cal viva o sosa para inactivar a los microorganismos. En caso del recurrir a enterrar los cadáveres, deberá ser en un pozo u hoyo no menor a 2 a 3 m de profundidad, colocando un cercado alrededor del sitio de depósito de cadáveres que delimite la zona, cumpliendo así con la norma de bioseguridad. La ubicación deberá ser fuera de los límites de la granja, inspeccionándola una vez por semana y empleando para ello personal capacitado para su manejo (Figura 3).



Fig. 3. Fosa de fermentación para cadáveres.  
(Fuente: Jacho López, 2010.)

- Entierro *in situ*. En el caso del enterramiento, deberá realizarse a suficiente profundidad para que los animales carnívoros no puedan tener acceso a los cadáveres o desperdicios, y en terreno adecuado para evitar la contaminación de las capas freáticas o cualquier daño al ambiente. Antes del enterramiento, los cadáveres o los desperdicios deberán rociarse en caso necesario con un desinfectante apropiado recomendado y regulado por las autoridades competentes.
- Compostaje. Existen diferentes formas de llevar a cabo este sistema, pero el principio es básicamente el mismo. Consiste en una sucesión de capas de varios materiales (viruta, paja, restos de poda, etc.) por capas de cadáveres. Hay que tener cuidado a la hora de colocar los cadáveres, ya que, no pueden estar cerca de la pared del compostador (a 15 cm aproximadamente) porque el proceso no resulta eficiente y existirían partes que ni siquiera se procesarían. Evidentemente es mucho mejor si son despojos y/o cadáveres pequeños. El tiempo que se requiera para ello depende de la temperatura. El material es entonces molido y usado como abono agrícola. La materia orgánica es transformada en composta en alrededor de 2-3 meses.
- Incineración. Con respecto al sistema de deposición de cadáveres, el uso de incinerador, el cual debe estar ubicado en la parte externa de la granja y manejarlo con criterio, es recomendable que cuente con una cerca o barda para evitar la entrada de personas ajenas y animales a la granja. Asimismo, el incinerador deberá contar con un sistema de control y análisis de emisión de gases, así como con un depósito inferior para recuperar las cenizas. El transporte de las cenizas a las plantas procesadoras aprobadas, será función de las empresas que están certificadas para el retiro de residuos.

Las características generales de un incinerador adecuado son: Un cuerpo, una chimenea, una cubierta de cemento refractario en su parte inferior, con uso de gas o electricidad. Por otra parte, existe una alternativa, un Horno Incinerador transportable, montado sobre un remolque. En los lugares donde se cuente con un incinerador o planta de transformación, las condiciones de seguridad, equipo, transporte y manejo adecuado de desechos deberán estar dentro de las normativas de cada región.

Existe otro mecanismo de destrucción de cadáveres que está tomando importancia, y es la Hidrólisis de cadáveres. La hidrolización, es el proceso mediante el cual un organismo convierte sus estructuras orgánicas en otras más sencillas a través de la rotura. Donde el tiempo juega un papel importante para la obtención de un líquido inocuo que posteriormente puede ser utilizado para compostaje e inclusive mezclado con purines para producir biogás. Por tanto, una vez lleno el silo (bunker), debe mantenerse cerrado hasta el final de la hidrólisis. Proceso que requiere entre 6 y 9 meses, dependiendo de la época del año. Una vez retirado el producto de la hidrólisis, se puede volver a utilizar el mismo búnker para un nuevo proceso.

Por otra parte, la recogida de cadáveres soluciona el problema de la contaminación ya que los controles se centralizan en la planta de tratamiento correspondiente. No obstante, los cadáveres generan otros dos problemas: olores y posibilidad de transmisión de enfermedades. La recogida podría solucionar también el problema de olores si se aplicaran algunas medidas adicionales, tal y como se está haciendo en algunos países de la UE, implementando el uso de contenedores adecuados para ello como los refrigerados, o camiones con cierres a presión (Figura 4).



Fig.4. Contenedores homologados portátiles de cadáveres. (Fuente: Marco E., 2004)

Los puntos críticos de este sistema son:

- Minimizar riesgos de transmisión de enfermedades entre granjas mediante la recogida de cadáveres.
- No manipular directamente el contenedor de cadáveres, dentro de la granja.
- Recogida inmediata de los cadáveres
- Evitar la entrada del camión de recogida en el perímetro de la granja. disponer de un contenedor hermético de cadáveres que pueda ser cargado por el camión de recogida con un brazo articulado desde el exterior.

Además, hay que tener en cuenta que la recogida de cadáveres para el proceso de incineración por plantas procesadoras aprobadas implica la posible contaminación durante el proceso.

Se deberán implementar métodos de pronta eliminación de cadáveres de los corrales para evitar el canibalismo. Además de evitar la presencia de moscas, roedores o animales silvestres atraídos por los olores. Por lo que, la higiene general de las instalaciones debe ser controlada.

## Referencias

- Bhattacharrya, A. N. and Taylor J C. Recycling animal waste as a feedstuff: A Review. *J. Anim. Sci.* 1975. 41:1438-1452
- Coma J. y J. Bonet. Producción Ganadera y Contaminación Ambiental. XX Curso de Especialización FEDNA: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. 22 y 23 de noviembre 2004. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal Eds.: P.G<sup>a</sup>. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. FIRA de Barcelona, España. 237-272
- Flotats X. Gestión y tratamiento de deyecciones gnaderas. XXV Curso de Especialización FEDNA: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. 5 a 6 de noviembre 2009. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal Eds.: P.G<sup>a</sup>. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Madrid, España. Pag. 13 – 42
- Jacho López, M.A. 2010. Recomendaciones prácticas para reducir el Impacto Ambiental en granjas porcinas. La Gestión de los cadáveres.
- Jongbloed A. W. y N. P. Lenis. 1998. Environmental Concerns about Animal Manure. *J. Anim. Sci.* 76:2641–2648
- Marco E., 2004. Bioseguridad en la gestión de cadáveres.
- Moeser, A. J., M. T. See, E. Van heugten, W. E. M. Morrow , y T. A. T. G. Van Kempen. Diet and evaluators affect perception of swine waste odor: an educational demonstration. *J. Anim. Sci.* 2003. 81:3211–3215
- Mroz, Z., A. J. Moeser, K. Vreman, J. T. M. van Diepen, T. van Kempen, T. T. Canh, y A. W. Jongbloed Effects of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs *J. Anim. Sci.* 2000. 78:3096–3106
- Muller Z. O. Economic aspects of recycled wastes. *Animal Production and Health*. Paper 4: New Feed Resources. FAO, Rome 1976 p 265-294
- Salazar G.G. y J.A. Cuarón I. 1997. Uso de los Desechos de Origen Animal en México. En: Figueroa V. y M. Sánchez Editores. Tratamiento y Utilización de Residuos de Origen Animal, Pesquero y Alimenticio en la Alimentación Animal. Estudio FAO Producción y Salud Animal. 111 – 128.
- Santomá G. y M. Pontes. Interaccion nutricion-manejo en explotaciones para aves y porcino. 1. Introducción y Factores Ambientales. XX Curso de Especialización FEDNA: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. 22 y 23 de noviembre 2004 Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Eds.: P.G<sup>a</sup>. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Fira de Barcelona, España. 149-210
- Van Kempen, T. A. T. G., E. van Heugten, y N. L. Trottier. Adipic acid increases plasma lysine but does not improve the efficiency of lysine utilization in swine. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:2406–2411
- Van Kempen T. A. Dietary adipic acid reduces ammonia emission from swine excreta *J Anim Sci* 2001. 79:2412-2417.