

TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA EL MANEJO DE REMANENTES EN GRANJAS PORCINAS



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SERVICIO NACIONAL DE SALUD ANIMAL

MANUAL PARA EL PRODUCTOR

TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA EL MANEJO DE
REMANENTES EN GRANJAS PORCINAS

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CERDOS
FUNDACIÓN SWISSCONTACT

Noviembre 2010

Contenido:
Programa de Investigación y
Transferencia Tecnológica en
Cerdos

Elaboración y recopilación:
Alejandra Urbina Bravo
Johanna Avendaño Mena

Colaboración
José G. Castillo Araya
Ana María Fournier Z.
Fernando J. Mojica Betancur
Irene Varela Rojas
Manuel Padilla Pérez

Revisión:
Johanna Avendaño Mena

Publicado:
Noviembre 2010

Índice	
Introducción5
Producción más limpia en granjas porcinas7
Principios básicos de las aguas residuales en granjas porcinas13
Consideraciones sobre el manejo y utilización de remanentes en granjas porcinas16
Producción de abono orgánico a partir de remanentes porcinos23
La tecnología y usos de biodigestores para degradar y generar biogás a partir de desechos sólidos y líquidos28
Conclusión35
Fuentes bibliográficas37
Anexos38

Introducción

La adaptación y recopilación de la información en el presente trabajo, se logró realizar mediante la colaboración de la Fundación de Cooperación para el Desarrollo Técnico Swisscontact, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Programa Nacional de Cerdos), el Programa de Investigación y Transferencia Tecnológica (PITTA Cerdos), además de productores porcinos que han transmitido sus conocimientos y experiencias, así como a las personas que escribieron los artículos.

Trabajos como estos, que sean de utilidad para los productores, es lo que nos impulsa a realizarlos. Dicho material pretende:

Dar una herramienta al productor para que produzca en armonía con el ambiente aplicando las tecnologías existentes y a su alcance técnico-financiero y pueda hacer frente a este mundo globalizado, que obliga a una producción eficiente para mantenerse competitivo.

Dar conocimiento al productor para que reutilice los remanentes de sus granjas (anteriormente denominados desechos), obteniendo beneficios económicos, sociales y ambientales con el recurso que en otras épocas desechaba de sus granjas.

Sumado a este esfuerzo, el SENASA firmó un convenio de cooperación con Swisscontact para fortalecer la capacidad técnica de sus funcionarios en el área ambiental, dándole las herramientas necesarias para abordar la realidad que viven cientos de productores con la problemática de los remanentes generados en la actividad porcina.

Producción más Limpia en Granjas Porcinas

Varela Rojas Irene, Centro de Investigación en Protección Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La Producción más Limpia (P+L) según el Programa de las Naciones Unidas para la Protección Ambiental (UNEP, por sus siglas en inglés) es la aplicación continua de una estrategia integrada de prevención de la contaminación ambiental, a los procesos productivos, a los productos y servicios, con el fin lograr un uso más eficiente de los recursos naturales y de ese modo aumentar la eficiencia ecológica, minimizar los desechos, así como los riesgos a la salud y seguridad humana y al medio ambiente, atacando los procesos en la fuente, más que al final de los procesos productivos.

En otras palabras, es evitar el enfoque de “final del tubo”. Se trata de una estrategia dirigida hacia las causas antes que a los efectos, lo cual constituye una estrategia que favorece tanto los negocios como al ambiente.

En cuanto a los procesos productivos, se trata de conservar las materias primas, insumos, agua y energía, reducir y/o sustituir materiales tóxicos.

Por el lado de los productos, involucra disminuir los impactos negativos en el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas para su elaboración, hasta su disposición final, a través de un diseño apropiado de productos.

En cuanto a los servicios, se deben considerar aspectos ecológicos a la hora de diseñar y prestar servicios.

OBJETIVO

El objetivo de la Producción más Limpia, es reducir la contaminación al ambiente utilizando métodos preventivos a través de la aplicación de tecnologías limpias. No solo porque se reduce las descargas de contaminantes al ambiente, sino porque, usualmente la P+L va acompañada de ahorro de costos a través de la reducción de los desechos de materias primas, agua y energía.

La P+L requiere conocimiento de los procesos, de las posibilidades de implementación, un cambio en las actitudes, un cambio de la cultura organizacional, un mejoramiento tecnológico continuo y además está ligada a una adecuada gestión y política gubernamental.

El concepto de Producción más Limpia se deriva del concepto de tecnologías limpias y tecnologías de poco o ningún desecho. Este concepto fue visto en 1979 por la Comisión de la Comunidad Europea, con tres propósitos complementarios:

- Menos descarga de contaminantes dentro del ambiente natural (agua, aire, suelo).
- Menos desechos (tecnología de poco o ningún desecho).
- Menos demanda de recursos naturales (agua, energía y materias primas).

BENEFICIOS

Dado su enfoque preventivo, en contraste con las tecnologías de etapa final, las técnicas de P+L presentan beneficios económicos, ambientales y sociales que incluyen:

BENEFICIOS ECONÓMICOS

- Mejoramiento de la productividad.
- Ahorro de energía, materias primas y transporte y control de la contaminación.
- Requerimientos de almacenamiento decrecientes para desechos y materiales tóxicos.
- Enfoque de mejoramiento continuo.
- Mejoramiento de las ganancias públicas.
- Mejora la calidad del producto por cuanto las operaciones de planta son más predecibles.
- Logra recuperar materiales de alto valor agregado.
- Puede crear nuevos mercados.
- Imagen y credibilidad.
-

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Evita o reduce la cantidad de desechos producidos.
- Reduce el uso y producción de materiales tóxicos.
- Hace un uso más eficiente de la energía y los recursos.
- Previene la contaminación en la fuente.
- Genera productos y servicios ambientalmente más amigables.
- Mejor conocimiento de riesgos ambientales.

BENEFICIOS SOCIALES

- Mejoramiento en la salud y seguridad laboral.
- Fuerza de trabajo más motivada e identificada con la firma.
- Informa y educa a la fuerza laboral para el entendimiento de la problemática ambiental y protege la salud pública.

JERARQUIA Y NIVELES DE IMPLEMENTACIÓN

La Producción más Limpia sigue una jerarquía de implementación en el manejo ambiental industrial, que permite establecer un orden de preferencia en la toma de decisiones, diseño y operación.

El enfoque tradicional busca formas de reducir los contaminantes, una vez que éstos ya han sido generados en los procesos industriales. Esto requiere la aplicación de tecnología de “final del tubo”, tales como plantas de tratamiento de aguas, filtros en chimeneas, la incineración o neutralización de desechos y finalmente la disposición de los residuos en rellenos sanitarios o “botaderos”.

El nuevo enfoque de manejo ambiental, considera:

1. Las oportunidades de “*prevención*” de la contaminación, es decir “evitar” la generación de residuos en la fuente. Estas medidas consisten en optimizar materias primas, agua y energía, mejores prácticas de manufactura, cambios en productos y procesos, sustitución de materias primas, sustitución de productos peligrosos por otros que sean más seguros y cambios tecnológicos.
2. En el orden de “*deseabilidad*”, una vez agotadas las medidas preventivas, se buscará “*minimizar*”, es decir, reducir al mínimo posible la generación de desechos, tanto en términos de volumen como grado de peligrosidad.
3. Tratar de “**reciclar**” los residuos inevitables, ya sea a través del reciclado interno externo a la empresa.
4. Tratar los residuos no “*aprovechables*”, con el fin de volverlos inocuos o menos peligrosos, inertes y compactos.
5. Se debe “*disponer*” de forma segura los residuos previamente sometidos a tratamiento.

Figura 1.

Jerarquía de manejo de residuos y opciones en P+L.



Cuando se aplican técnicas de prevención de la contaminación y manejo de residuos, debe darse bajo un enfoque de producción más limpia, es decir debe actuar en el sentido de evitar desechos, minimizar, recuperar, reutilizar, reciclar, tratar y finalmente disponer los desechos. La P+L incentiva a que la mayor cantidad de contaminantes sean evitados, antes de pensar en reciclar, tratar o disponer, deben de agotarse las posibilidades de opciones preventivas. Conforme se baja en la figura 1, se observa que cada vez las actividades realizadas son menos amigables y por lo tanto menos deseables.

La flecha hacia arriba, indica el orden de “deseabilidad”, que presentan las opciones empleadas de Producción más Limpia.

De manera, que la jerarquía recomienda el nuevo enfoque: prevención, reducción, reutilización y reciclado, tratamiento con generación de energía y recuperación de materiales.

Este nuevo enfoque surge por varias razones:

- Las empresas se están dando cuenta que la aplicación de este nuevo orden de prioridades, es menos costoso y además genera un incremento en las ganancias.
- Las empresas tarde o temprano tendrán que ser forzadas por el Gobierno y la presión pública a reducir los niveles de contaminantes al ambiente.

COSTO - EFECTIVIDAD

La P+L es costo-efectiva. Esto quiere decir que su implementación puede incrementar la eficiencia de los procesos y mejorar la calidad de los productos.

Las tecnologías de etapa final, desde el punto de vista económico, implica únicamente adición de costos a los procesos, mientras que las tecnologías de P+L, llevan asociado un ahorro que pueden venir de:

- La reducción en el uso de materias primas.
- Costos de mano de obra evitados.
- Consumo más bajo de energía y agua.
- Menores costos en mantenimiento.
- Costos decrecientes de manejo de desecho.
- Fortalecimiento de la productividad. Disminución de la responsabilidad legal en el largo plazo para la limpieza de contaminantes.
- Ahorro de costos por mejoramiento de la salud y seguridad de los trabajadores.

La P+L no siempre tiene un periodo de pago corto, pero es siempre la mejor vía costoefectiva para reducir la contaminación. La P+L se ha constituido en una de las vías más efectivas para alcanzar eficiencia empresarial en el uso de recursos tales como agua, energía y materiales, y por ende lograr los mismos niveles de producción a costos más bajos y con menores niveles de contaminación e impacto ambiental.

PASOS PARA IMPLEMENTAR LA P+L EN GRANJAS PORCINAS

1. Desarrollar e implementar una política ambiental bajo el enfoque de prevención.
2. Establecer un conjunto de metas para el Programa de P+L, especificando porcentajes de reducción y cronograma.
3. Asignar responsabilidades, tiempos y recursos financieros para la implementación del programa.
4. Involucrar los empleados de todos los niveles.
5. Desarrollar una auditoría de reducción de desechos y utilizarla como base para identificar, evaluar y eliminar desechos de cada etapa del proceso de producción.
6. Obtener y usar información de las mejores técnicas posibles, tanto dentro como fuera de la granja. El criterio para la reducción de desechos, puede cubrir factores técnicos ambientales,

cumplimiento de la regulación, aceptabilidad pública y viabilidad económica.

7. Monitorear y evaluar el progreso del programa establecido.
8. Informar regularmente a todos los empleados acerca del progreso en el último mes, seis meses, un año y cinco años.
9. Alentar y premiar el éxito individual y el esfuerzo grupal en la implementación de P+L.
10. Actualizar las metas y cronogramas para la mejora continua.

“Recordar que la P+L es un “viaje” y no un “destino”.”

Principios básicos de aguas residuales en granjas porcinas

Fournier Z, Ana María, Centro de Investigación en Protección Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Es un hecho que para conservar nuestras fuentes acuíferas libres de contaminantes, así como la flora y la fauna relacionada con éstas, debemos evitar verterlos a las mismas. Para lograrlo, en primer término se debe cumplir con la legislación y reglamentación vigente en el país, y a la vez, aplicar con un conjunto de medidas y acciones que permitan ese control.

DEFINICIÓN

Se define como Agua Residual la que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes, entendiéndose por esto, toda aquella sustancia que conlleve al deterioro de la calidad física, química o biológica de ésta. Dichas calidades son posibles de determinar con una muestra representativa a nivel de laboratorio.

MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

El muestreo de aguas residuales no es sencillo, ni se puede normar para cada actividad productiva en particular. Incluso varía de granja porcina en granja porcina, debido a que no son sistemas de producción iguales. Sin embargo, el muestreo debe ser representativo a fin de lograr veracidad de los datos a obtener en el proceso de análisis. El muestreo de aguas residuales debe ser realizado por el personal del laboratorio de análisis, si se quiere que cuente con carácter legal. (Ver Anexo. Cuadro 3).

En un muestreo de aguas residuales se deben considerar los siguientes aspectos:

- El volumen de la muestra de agua a tomar debe ser representativo de la calidad del agua.
- El volumen de agua la muestra debe ser suficiente para realizar las pruebas en el laboratorio.
- Se debe asegurar que no ocurran cambios en la muestra, desde que se recolecta hasta que se analiza en el laboratorio.

En el caso de granjas porcinas, el sitio de muestreo depende de si cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales o no:

- **Sin sistema de tratamiento:** es importante que la granja posea sólo una salida de aguas, originadas de su producción, sin mezclarlas con las domésticas o pluviales. De esta forma, se realizará el muestreo en el punto de salida.

- **Con sistema de tratamiento:** se debe tomar a la entrada del sistema, donde se mezclen bien las aguas residuales. El sitio debe ser en el punto donde el flujo del agua sea turbulento, por ejemplo al lado de la descarga de una bomba o donde ocurra una caída libre de línea de tubería, donde la descarga se verifique contra una placa deflectora como ocurre en la entrada de un tanque, o justamente en la entrada de una tubería. Y en el caso de la salida, lo más próximo al lugar donde el agua es vertida.

TIPOS DE MUESTREO

- **Muestreo simple o puntual:** es tomada en un tiempo y lugar determinado, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario. Por lo tanto representa solamente la composición de la muestra en ese momento y lugar. Se utiliza siempre y cuando el agua muestre homogeneidad en cuanto al proceso en sí y caudal de salida. Debe realizarse cuando la planta está operando a su máxima capacidad.
- **Muestreo compuesto:** es la mezcla de muestreos simples o puntuales tomadas en el mismo lugar, pero a diferentes horas y que se han mezclado en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo. Este es el tipo de muestreo más adecuado que es solicitado en el Reglamento de vertido de aguas.
- **Muestreo integrado:** es la mezcla de muestras simples o compuestas, tomadas de diferentes puntos de salida y en forma simultánea o a un intervalo de tiempo lo más cercano posible y en volúmenes equivalentes porcentualmente al caudal de cada una de las salidas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS REMANENTES O DESECHOS

- Las aguas generadas de la actividad porcina, reducen la calidad del agua y la torna total o parcialmente inadecuada para su uso.
- Las características generales del agua residual en una granja porcina son: materia orgánica, lodos, principalmente excrementos, olor nauseabundo (la DBO5 del estiércol líquido es 10g/l). Por ello, la actividad porcina se caracteriza por la producción de aguas residuales con alta concentración de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno).

- Las aguas residuales en porcinas se producen principalmente producto de las labores de aseo en corrales y pasillos, y en la utilización del agua como medio de arrastre de la materia fecal producida por los cerdos. Se ha cuantificado que se tiene un gasto de 25 a 30 litros de agua diarios por animal, cuando se realizan dos lavadas y de 16 a 20 litros con una lavada.
- En las granjas se puede reducir la contaminación de las aguas residuales, recolectando la materia prima (desechos sólidos) en su fuente en forma rápida y procesándola mientras aún esté fresca. Esto debe hacerse especialmente en climas cálidos, pues tiende a descomponerse rápidamente, provocando una mayor contaminación de las aguas residuales, medida en términos de la DQO, DBO y los compuestos nitrogenados.

En general, existen las siguientes posibilidades para el empleo de los excrementos:

Elaboración de fertilizantes, para luego aplicarlo a los forrajes que comerá el ganado, bajando los costos en fertilizantes químicos.

- Utilización de los sólidos en la industria.
- Producción de combustible.
- Combustión.

El manejo de los desechos sólidos y líquidos en la actividad porcina, debe sufrir grandes cambios, tanto en las instalaciones existentes, en las actividades diarias de su operación así como en la mentalidad y conciencia ambiental de las personas responsables de la actividad y de sus colaboradores. Como se señaló anteriormente, los cambios van desde la reducción del consumo de agua, mejoras en los proceso de limpieza, procesos de alimentación, disposición de los desechos hasta la utilización de la cerdaza.



Limpieza de porqueriza



Aguas residuales producto de la limpieza de la porqueriza

Consideraciones sobre el manejo y utilización de remanentes en Granjas Porcinas

Padilla Pérez Manuel, Especialista en Cerdos

“ El cerdo no es chancho, chancho es el que lo cría como tal “
L. C. Pinheiro Machado

ASPECTOS GENERALES

Todo productor de cerdos, en la época actual y en el futuro, independientemente del tamaño de su granja, deberá enfrentar varios retos, entre ellos, dos son fundamentales:

- Ser competitivos: el productor para enfrentar con éxito la apertura de mercados, debe ser muy eficiente, es decir, su granja debe tener una alta productividad (producir a mercado más de 20 - 22 cerdos por hembra por año), disminuir los costos de producción y producir con calidad de canal acorde con las exigencias del mercado actual. Todo esto implica, el uso de la mejor tecnología disponible siempre y cuando su uso sea rentable.
- Producir cerdos en armonía con el ambiente: en este punto es fundamental reconocer, que todo productor de cerdos tiene una responsabilidad moral con la sociedad actual y las generaciones futuras de preservar el ambiente y que este aspecto debe ser más importante aún que la misma aplicación de las leyes y reglamentos que norman en la actualidad la producción de cerdos en el país.

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE REMANENTES

¿Qué son los remanentes de granjas porcinas?

El término remanente se utiliza para denominar los desechos en una granja. Es usado para indicar que ese desecho tiene un potencial uso y no es un desperdicio, incluye las heces y la orina de los cerdos, más el alimento que se desperdicia de los comederos, el agua de lavado y la que se derrama de los bebederos.

¿Por qué los remanentes pueden contaminar?

Son varios los posibles efectos o formas de contaminación que un mal manejo de los remanentes puede producir, entre ellos los siguientes: o Excesiva cantidad de nutrientes (nitratos, zinc, fósforo, etc.) o de materia orgánica que ocasionan un desbalance en los sistemas ecológicos.

- Presencia de microorganismos patógenos.
- Presencia de impurezas tóxicas (pesticidas).
- El contenido de sólidos complica los sistemas de filtración y tratamiento del agua.
- Mal sabor y olor del agua, la cual tiene poco oxígeno.

¿Qué se busca con un buen manejo de los remanentes?

Con un buen manejo o un sistema apropiado de utilización de los remanentes en una granja porcina, buscamos:

- Mejorar la limpieza y sanidad de los cerdos y con ello obtener un mejor rendimiento productivo.
- Evitar las molestias por malos olores y proliferación de moscas.
- Obtener algún provecho de ellos, por ejemplo producir abono, biogás, etc.
- Cumplir con la legislación vigente para garantizar el funcionamiento de la granja.



Factores que afectan la producción de remanentes

Algunos de los factores que afectan el volumen o producción de remanentes son:

- **Cantidad de cerdos**

Hay una relación directa entre el número de cerdos y la cantidad de remanentes producidos, a mayor cantidad de cerdos mayor producción de remanentes en la granja.

- **Distribución por tamaño de la población de cerdos en la granja**

A mayor tamaño de los cerdos mayor producción de heces y orina, generándose mayor producción de remanentes en la granja.

- **Tipo de alimento utilizado**

A mayor calidad del alimento balanceado hay una mejor digestibilidad del mismo y por consecuencia una menor producción de heces, por el contrario, los alimentos muy fibrosos producen un mayor volumen de heces.

- **Clima (temperatura y humedad)**

Cuando la temperatura y la humedad relativa en el ambiente son altas, el cerdo consume menos alimento y menos agua.

- **Tipo de bebedero utilizado (chupeta vs pila)**

Relacionado con la cantidad de agua que se puede derramar, siendo el de chupeta el más eficiente.

- **Sistema de limpieza**

Relacionado con:

- El lavado si es una o dos veces al día, cada dos días o si se lava con bomba de alta presión.
- El piso si es enrejillado con fosa, si se recogen las heces con cepillo y pala, etc.

De acuerdo a una evaluación realizada por el Programa de Investigación y Transferencia Tecnológica en Cerdos (PITTA – Cerdos) en la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG) y con la colaboración del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), se determinó que por cada cerdo existente en la granja de la ECAG, la cual tiene corrales con piso sólido de concreto, cuando se lava con manguera una vez por día, se gasta de 16 a 20 litros por animal y con dos lavadas por día de 25 a 30 litros por cerdo.

- **Algunas prácticas**

- Uso de cama (burucha) en las maternidades, debe limpiarse adecuadamente cuando se cambia, de lo contrario, sería otra fuente de contaminación.
- Utilización de goteo para refrescar a cerdas lactantes en clima caliente, esto aumenta el volumen de agua a tratar.

¿Qué es cerdaza?

Es la combinación de sólidos y líquidos (heces, orina, desperdicios de alimentos y otros), generados en una granja. A diferencia de lo que se le denomina remanente, la cerdaza se utilizada en la elaboración de abono orgánico, alimentación de novillos, alimentación de tilapias, biogás, bioabono o lombricultura.

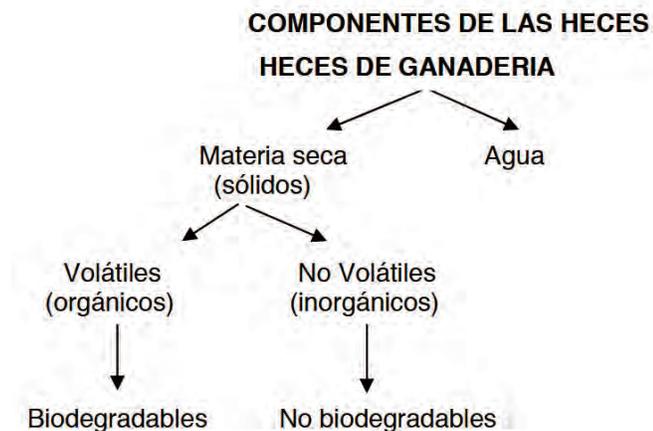
Composición nutritiva de la cerdaza

Varios factores afectan el valor nutritivo de la cerdaza, entre ellos la composición de la ración, el sistema de limpieza, la cantidad de agua utilizada en el lavado, el sistema de separación de los sólidos, etc. (Ver Anexo. Cuadro 1)



Componentes de las heces de cerdos

En el siguiente esquema se presenta la degradación que sufren las heces de los cerdos. Del esquema anterior se concluye la importancia que tiene utilizar programas de alimentación ajustados a los requerimientos del cerdo, lo cual producirá menor cantidad de sólidos que contengan sustancias no biodegradables (fósforo, nitrógeno, cobre, zinc y otros), además que se debe utilizar un sistema apropiado de aprovechamiento o tratamiento de los remanentes, para evitar que éstos contaminen.



PRODUCCIÓN DE HECES Y ORINA

La producción de heces y orina depende de la etapa productiva del cerdo, a mayor tamaño mayor producción, por lo tanto en la etapa de finalización hay mayor producción. (Ver Anexo. Cuadro 2)

ALTERNATIVAS DE MANEJO O DE UTILIZACIÓN DE LOS REMANENTES

Las posibilidades de utilizar un determinado sistema de tratamiento o del aprovechamiento de los remanentes en una finca, dependen de varios factores, entre ellos los siguientes:

Facilidades existentes

- Topografía de la finca
- Área disponible
- Ubicación de la finca
- Disponibilidad de agua
- Clase de suelo y nivel freático
- Tamaño de la granja (cantidad de remanentes)
- Las necesidades u oportunidades de producir un determinado producto (biogás, bioabono, lombricultura, alimentación de novillos y otros).

SISTEMAS DE MANEJO O UTILIZACIÓN DE LOS REMANENTES

Hoy en día en Costa Rica, el productor de cerdos, dependiendo de sus necesidades y posibilidades, tiene una gran gama de alternativas para el manejo o utilización de los remanentes de la granja, producto de las experiencias que han ido desarrollando los propios productores, algunas instituciones públicas y privadas. Entre ellas tenemos las siguientes:

- Recolección de sólidos a pala (pequeña granja)
 - Uso de separador de sólidos
 - Piso enrejillado con fosa
 - Uso de tanque séptico para granja pequeña
 - Uso de reactores
 - Uso de lagunas integradas:
 - anaeróbicas
 - facultativas
 - aeróbicas
- Separador y lagunas con plantas acuáticas:
 - lechuga acuática
 - lirio acuático
 - azolla
- Uso de algún aditivo para mejorar las características de los remanentes. Ejemplo, enzimas.
- Utilización de los remanentes bajo el concepto de que no son un desperdicio sino un material del cual se puede sacar algún beneficio.

- Producción de abono
- Lombricultura
- Compostera
- Alimentación de novillos (mientras no haya una disposición sanitaria que lo prohíba).
- Producción de biogás.
- Lagunas (para la producción de tilapia).
- Producción de patos (pequeña granja).



En la práctica lo que mejor funciona es la combinación de varios sistemas, como por ejemplo, uso de un separador para producir abono con los sólidos o para alimentación de novillos integrados a dos o tres lagunas que pueden tener plantas acuáticas (alimentación de novillos) o cría de tilapia.

MARCO LEGAL SOBRE PERMISOS DE UBICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE GRANJAS PORCINAS

Toda Granja Porcina para su operación requiere de:

- Un permiso de ubicación otorgado por la Municipalidad donde se va a localizar la Granja.
- Un Certificado Veterinario de Operación (CVO), otorgado por la Dirección de Salud Animal (SENSA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Un listado de algunas leyes y reglamentos que tienen relación con la producción de cerdos y el ambiente que se detalla a continuación:

a. Constitución Política

- Derecho de los consumidores (Artículo 46)
- Derecho a la salud (Artículo 21)
- Derecho al patrimonio (Artículo 89) y sobre la explotación racional de la tierra (Artículo 69)
- Derecho a un ambiente sano (Artículo 50)

Fuente: Ley Orgánica del Ambiente comentada, 1998 Fundación Ambio, San José, C.R.

b. Leyes relacionadas

- Ley SENASA N° 8495 Publicado en la Gaceta No. 93 del 16 mayo 2006.
- Ley General de Salud N° 5395 del 30 de oct. 1973.
- Ley de Conservación de Vida Silvestre N° 7317, del 21 de nov. 1992.
- Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, 26 de oct. 1995
- Ley Forestal N° 757

c. Reglamentos

- Reglamento sobre vertido y reuso de aguas residuales N° 26042 - S MINAE, 19 junio, 1997.- Reglamento para trámite de visado de planos para la construcción, decreto N° 27967. Julio 1999, alcance 44, Gaceta 130.
- Reglamento a la Ley Forestal, decreto N° 25721 – MINAE, 17 de octubre de 1996.
- Reglamento de aprobación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales N° 31545 – S Gaceta 246, 22 de diciembre del 2003.

d. Instituciones con participación en la conservación del ambiente

Según el Manual de Mecanismos de Protección Ambiental, publicado por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO), 1998, Instituto Tecnológico de Costa Rica, más de 15 instituciones u organismos tienen competencia en la legislación ambiental. Entre ellas, las siguientes instituciones:

1. Sala Constitucional.
2. Contraloría General de la República.
3. Ministerio Público.
4. Procuraduría Ambiental y de la Zona Marítimo Terrestre.
5. Contraloría Ambiental (MINAET).
6. Tribunal Ambiental Administrativo (Órgano de desconcentración MINAET).
7. Consejos Regionales. (Adscrito al MINAET).
8. Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).
9. Defensoría de los Habitantes.
10. Ministerio de Salud.
11. Ministerio de Agricultura y Ganadería (SENASA).
12. Ministerio de Transportes.
13. Municipalidades.
14. Ministerio del Ambiente y Energía.
15. Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

Producción de abono orgánico a partir de remanentes porcinos

Mojica Betancur Fernando , Escuela Ciencias Agrarias, Universidad Nacional

Toda explotación Porcina produce directa o indirectamente remanentes, en algunos casos poco en otros mucho, esto depende del tamaño de la granja y del nivel de tecnificación de la misma, por ello es importante mencionar de que forma se pueden utilizar los remanentes porcinos ya que la composición química de ellos es valiosa.

Es importante mencionar que esta alternativa va a depender de la posibilidad de utilizarlos como abonos en la misma instalación o si se puede ponerle valor agregado para lograr un ingreso extra a los propietarios. De todas maneras es necesario qué en el proceso de transformación hacia abono orgánico se encuentre dentro de la concepción de Agricultura Orgánica o que sea amigable con el ambiente de ahí la necesidad de que no se importe energía dentro de la granja.

Los tres procedimientos para lograr la transformación de los remanentes como abonos son: Los biodigestores, el compostaje y la lombricultura, nótese que se habla de abono y no de fertilizante, esto debido a que el fertilizante se usa para todo producto de origen mineral y mientras abono es para mencionar el producto de origen orgánico.

Independientemente del proceso por el cual son sometidos los remanentes; ocurre una transformación fermentativa, ya sea anaeróbica en el caso de los biodigestores y aeróbica en el caso del compostaje o la lombricultura, debido al aumento de la temperatura la materia prima obtenida sale sin patógenos que puedan de una u otra manera ser portadores de enfermedades o plagas para los cultivos.

Cuando se instala un reactor anaeróbico en la porqueriza, dentro del proceso se obtiene un efluente que por sus características químicas puede ser usado como abono líquido. Para lograr un material adecuado es necesario poner cuidado a la relación C:N de los materiales que se introducen y de la dilución misma. Se recomienda para tener un excelente abono agregar al biodigestor además de las excretas material de origen vegetal.

Es recomendable que tenga una relación 1:1. Como material vegetal se debe usar el que se encuentre en la finca sin que esto sea un costo adicional, por ello la traída del mismo debe ser lo

más fácil posible, así como la picada para lograr así una reacción más rápida. La composición del efluente tiene relación con la riqueza de la materia prima con la cual se ha cargado el biodigestor. (Ver Anexo. Cuadro 5).

La composición del estiércol varía entre límites muy amplios según sean los animales de los que proceda, la raza, edad, su alimentación, tipo de cama, el grado de descomposición y su estado de conservación.

En el caso de los efluentes a partir de los remantes de cerdos se han encontrado resultados muy importantes en los cultivos de frijol, maíz, puerro, pasto estrella africana y King grass. (Ver Anexo. Cuadro 4)

Para poder calcular las dosis del efluente a aplicar es necesario hacer un análisis químico.

COMPOSTAJE

Es una buena alternativa cuando los volúmenes de remantes de la finca son grandes y cuando el tratamiento principal para las excretas de los cerdos recomendado por los técnicos es otro como complemento al biodigestor.

Para ello se debe ubicar un lugar adecuado de manera que la traída de los materiales sea fácil y la distancia corta, se debe evitar, si en la región llueve mucho, dejarlo a la intemperie. Se puede hacer sobre el suelo o en una fosa, la decisión es de cada persona, aunque es más recomendable esta última.

La pila se inicia con una capa de más o menos 10 cm de material vegetal seguido de otros 10 cm de material animal, se compacta lo mejor posible, se agrega un poco de agua si es necesario y cal, sé continua este procedimiento hasta la altura de 1 m. Para que el material pueda respirar se debe colocar tres troncos de un diámetro cada uno de 20 cm y de una altura de 1,30 m, éstos se deben clavar en el centro de la pila, antes de iniciar la formación de ella.

Estos tubos se retiran al finalizar la construcción. Luego la pila se tapa con plástico o tierra. Se debe controlar la temperatura y los olores para comprobar que no hay fermentación alcohólica. Luego de 15 días se voltea la pila usando el espacio vacío y nuevamente después de otros 15 días se vuelve a voltear y así sucesivamente hasta que el material está descompuesto.

Se comprueba que el material está listo cuando la temperatura es igual a la del ambiente y no se

puede diferenciar entre las dos materias primas, también por medio del análisis químico cuando la relación C:N se estabilice.

La composición del abono dependerá de las características de las materias primas, por lo que se recomienda hacer análisis antes de aplicarlo a los cultivos.

Ejemplo de compost a partir de materia prima de cerdo y zacate.

Elemento	Contenido
Nitrógeno	4,65 %
Fósforo	0,11 %
Potasio	0,85 %
Magnesio	0,40 %
Calcio	1,78 %
Hierro	0,96 %
Cobre	158 ppm
Zinc	124 ppm
Manganeso	319 ppm

BOCACHI

Otra forma de hacer abono fermentado, es el llamado bocachi, para lo cual se usan fórmulas que en algunos casos sus ingredientes deben ser comprados y traídos a la finca. La ventaja de este método es que su maduración es más rápida. El procedimiento es muy parecido pues se hace en capas, a las cuales se les humedece adecuadamente, todos los días hay que mezclarlo para que se oxigene.

La temperatura sube aproximadamente a 70° C, siendo la responsable del proceso de fermentación, se deben desarrollar además de las bacterias hongos blancos que ayudan al proceso. (Ver Anexo: Ejemplos para la elaboración de abono orgánico).

LOMBRICOMPOST

La transformación de los residuos de las porquerizas también se puede realizar promedio de la lombriz de tierra, denominada californiana por su origen, esta lombriz tiene una gran capacidad de transformación de los residuos. Es de la especie *lumbricus terrestris*, su nombre científico es *Eisenia fetida*, género *Rubellus* es de color rojo.

Sus principales características son: longitud de 6 a 8 cm con un diámetro de 3 a 5 milímetros, se mueve por arrastre, es hermafrodita, el periodo de incubación es de 14 a 21 días, las cápsulas son de color amarillo de 2 a 3 mm, por cada cápsula pueden salir de 2 a 21 lombrices, tienen la capacidad de ingerir diariamente su peso y asimilar el 40%, los túneles que hacen tienen una longitud de 2,30 a 2,50 m, tiene un promedio de vida de 4 años y se caracterizan por vivir en comunidad.

Los enemigos naturales son: ratas, ratones, serpientes, sapos, topes, ciempiés, gorgojos y hormigas. Por lo cual, el lugar donde se va a construir la lombricompostera, debe ser cerrado para evitar la entrada de los enemigos naturales.

Debido a que es una especie de la zona templada, no resiste los rayos solares directamente, por lo cual es recomendable poner techo a la instalación. El tamaño de la lombricompostera dependerá del volumen de los residuos que se tengan. Antes de hacer la inoculación del material con lombrices, es necesario que los residuos de la porqueriza pasen un periodo de movilidad



que consiste en la etapa donde el material pierde una serie de elementos que son tóxicos a las lombrices como también que la temperatura se estabilice a la del ambiente.

Este periodo es variable, por lo cual, se debe determinar al inicio y depende de las condiciones ambientales de la porqueriza, de la cantidad y calidad de la alimentación de los cerdos, ya que el material debe haber drenado el agua en exceso que pueda tener.

Se recomienda que la instalación tenga un ancho que permita dar vuelta a los residuos de una manera fácil. Lo largo depende del espacio

disponible, el alto de la cama se recomienda que no sea mayor a cincuenta centímetros, el material debe tener una humedad adecuada, pero no en exceso, por lo cual se recomienda estar revisando la misma constantemente.



Finca UNA (Ciencias Agrarias), Santa Lucia de Heredia.

Antes de iniciar el proceso de elaboración de lombricompost, es recomendable, disponer de una etapa de adaptación de las lombrices con el material que va a transformarse, es importante mencionar que inicialmente en esta etapa la muerte de las lombrices es alta hasta que se adaptan al material, cuando ya se logra estabilizar la población, se procede a la inoculación en las camas definitivas.

El lombricompost estará listo cuando el material sea feno y ni se distingan las características que tiene el material al inicio, para recuperar las lombrices se puede eliminar el riego en parte de la cama y dejar una cuarta parte de la cama con agua para que las lombrices se trasladen, luego se procede a hacer un tamizado para recuperar al máximo las lombrices y las capsulas. Antes de embolsarlo se debe eliminar la humedad que tiene.

Es importante indicar que la composición química del lombricompost, dependerá de la cama usada en la porqueriza, la raza y edad de los animales así como la dieta que han tenido, por lo cual es necesario hacer un análisis químico del mismo antes de ser aplicado a los cultivos.

Tecnología y usos de biodigestores para degradar y generar biogás a partir de desechos sólidos y líquidos

Castillo Araya José, Investigador Asociado, Instituto Tecnológico de Costa Rica

LA TECNOLOGÍA DEL BIOGÁS

Es una solución al proceso de desarrollo integral, en el mediano y largo plazo, beneficia en forma muy positiva sobre: la salud, higiene, suelo, agua y ambiente.

BIOGÁS

Es el producto de degradación en el biodigestor, mediante bacterias metanogénicas en recipientes sin oxígeno. El biogás es un combustible conformado en 50% a 75% de metano, de 25% a 45% de dióxido de carbono y pequeñas trazas de nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y otros. Su poder calórico es de aproximadamente 5400,00 Kilocalorías por metro cúbico.

El uso de tecnología del biogás es una alternativa importante para la descontaminación de aguas residuales del sector pecuario y la descomposición de los residuos sólidos.

El biogás obtenido por fermentación de la biomasa animal o vegetal produce un equilibrio perfecto, en un solo proceso que no desprecia ningún producto de la digestión. Es así, como se podría resolver dos de los problemas de mayor incidencia en los últimos tiempos: la crisis de la energía y el grave problema ecológico.

LA TECNOLOGÍA DE LA BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA

Es el método de introducir materia orgánica, (estiércoles y desechos vegetales) dentro de un recipiente hermético, donde no exista contacto con el aire; de tal manera que se pueda manipular los líquidos, sólidos en suspensión y los gases.

En la parte interna del recipiente se lleva a cabo el proceso de la fermentación que es un proceso complejo que consiste en una descomposición bioquímica, en la que microorganismos facultativos degradan los almidones, la celulosa, las proteínas y otras sustancias de la biomasa o compuestos orgánicos de cadena corta, en ácido acético y propiónico, manteniéndose la acidez mediante sustancias reguladoras, de los mismos organismos y formándose una masa homogénea similar a una suspensión.

Posteriormente, bacterias metanogénicas, que son anaeróbicas obligadas, producen una mezcla gaseosa consistente en gas metano, anhídrido carbónico y otros gases en menor cantidad (hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, amoníaco). Por último, queda un lodo estabilizado e inactivo (sin olor) que pierde su capacidad de formar una suspensión con el agua, conteniendo la mayor parte de las sustancias fertilizantes de interés (nitrógeno, fósforo, potasio).

ETAPAS IMPORTANTES DENTRO DEL BIODIGESTOR

- 1. Hidrólisis:** las materias primas que utilizan sus componentes complejos como celulosa, proteínas, lípidos y otros son hidrolizados en compuestos solubles como azúcares, aminoácidos y grasas por la acción de enzimas extracelulares de las bacterias.
- 2. Acidó génesis:** Los compuestos solubles son fermentados en ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico) alcoholes, hidrógeno y CO₂. Esta etapa se conoce como fermentativa.
- 3. Acetanogénesis:** Ocurre cuando las bacterias acetogénicas oxidan el ácido propiónico y butírico hasta ácido acético e hidrógeno son substratos metano génicos.
- 4. Metanogénica:** Se produce metano a partir de CO₂ e hidrógeno, por la acción de las bacterias metanogénicas.

VENTAJAS DE LOS BIODIGESTORES

La producción de energía a partir de biodigestores es una forma excelente de transformar desechos de alto índice de contaminación en una fuente no tradicional de energía, con los siguientes beneficios.

- Producir combustible para complementar las necesidades energéticas de las zonas rurales.
- Reducir en un alto porcentaje la contaminación ambiental al convertir las excretas que contienen millones de microorganismos patógenos, larvas, huevos y semillas de plantas agresivas entre otros, en desechos útiles.
- Reducir el riesgo de transmisión de enfermedades, al operar los digestores a temperaturas internas de 35°C, se destruyen hasta el 95% de huevos de parásitos y casi todas las bacterias y protozoarios responsables de enfermedades gastrointestinales.
- Producción de abono orgánico y reducción de fertilizantes químicos.

- Es un mejorador de la estructura y textura del suelo.
- No hay fermentación adicional, lo que no produce ácido oxálico, que es tóxico para las plantas.

ASPECTOS GENERALES DE UN BIODIGESTOR

El biodigestor es un recipiente herméticamente cerrado, dentro del cual se dan las condiciones óptimas para la fermentación anaeróbica (ausencia de oxígeno) para la producción de biogás.

COMPONENTES DEL BIODIGESTOR:

- Una estructura almacenadora de gas.
- Una pila de mezclado de la materia prima y el agua.
- Tubería de descarga por donde se elimina el material procesado (bioabono).
- Tapón de drenaje.
- Tubería del gas.
- Pila de recolección del material procesado

MODELOS DE BIODIGESTORES:

Hay dos tipos de biodigestores, clasificados de acuerdo a la forma de alimentarlo de flujo discontinuo (bache) y flujo continuo.

- Flujo discontinuo o bache: corresponden a aquellos diseños cuyo llenado con efluente (mezcla de agua y materia orgánica), es realizado en un solo momento y son vaciados luego de un tiempo prudencial de retención (una vez que el material interno (efluente) se ha degradado y ha generado el gas), momento en que deben ser llenados de nuevo.
- Flujo continuo: pertenecen aquellos que como su nombre lo indica permiten la entrada y salida constante de fluido.



Salida y recolección de Efluente, Estanquillos de Atenas, Alajuela

OTROS TIPOS DE BIODIGESTORES

- **De estructura sólida fija**

Son aquellos en una sola estructura que por regla general es hecha en materiales rígidos (bloques, ladrillos, cemento, arena y piedra, estañones). Debido a la alta presión que puede alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma, se recomienda su construcción bajo tierra en suelos estables y firmes, evitar grietas o fisuras, impermeabilizar en su interior, para evitar el escape de líquidos y gases. Estos aspectos obligan a utilizar mano de obra calificada para su diseño y construcción.



Biodigestor de Estañones,
Estanquillos de Atenas, Alajuela

- **De estructura sólida móvil**

Los biodigestores de este tipo tienen dos estructuras: la primera al igual que en los de estructura sólida fija, va enterrada y hecha en concreto, bloques o ladrillos; la segunda puede ser metálica, fibra de vidrio, plástico que flota sobre la primera estructura. Los biodigestores de este tipo son los únicos que logran mantener una presión constante del gas que generan.

- **De estructura flexible**

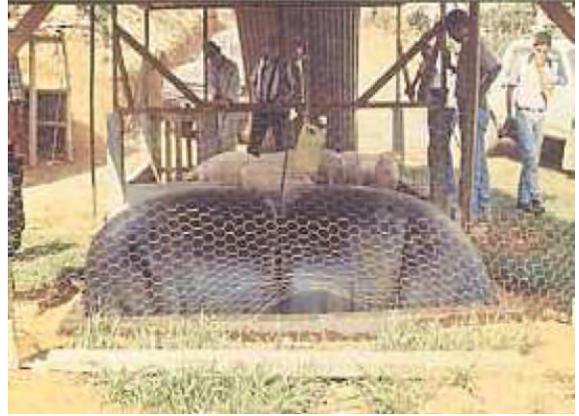
Los altos costos requeridos para la construcción de biodigestores de estructuras sólida, impiden que las personas con pocos recursos económicos tengan oportunidad de instalar uno de estos diseños, esto motivo que otros países como Taiwán, en los años 60s (Hao et al, 1980. En FAO, 1992) desarrollaron la idea de hacer las cámaras de digestión en material flexible.

En términos generales, la estructura de la cámara de digestión consiste en un cilindro hecho en alguna membrana impermeable a los gases y líquidos (nylon, caucho, PVC, polietileno) que puede ser depositado en forma vertical u horizontal en una fosa excavada en el suelo.

Este modelo trabaja a presiones bajas, no funciona con residuos orgánicos fibrosos y la duración del cilindro es de cinco a diez años.



Biodigestor de Bolsa Plástica, 8mt.
Estilo Mortadela, Estación Experimental
Los Diamantes, Guápiles Limón



Biodigestor de Media Bolsa, 4 mt.
Puriscal, San José.

En Costa Rica los más utilizados son los siguientes:

1. Modelo de media bolsa con canal de agua.
2. Modelo Mortadela.
3. Modelo mixto fermentador cemento y estañones plásticos.
4. Tanques de cemento, ferrocemento, ladrillo etc.
5. Modelo Fijo.
6. Modelos metálicos.
7. Modelo ICAITI.
8. Plantas con campanas flotantes.
9. Planta con Cúpula Fija.
10. Planta Balón.
11. Otros (70 modelos más, cada país tiene su propio modelo).

CONSTRUCCIÓN

En Costa Rica después de haber efectuado múltiples investigaciones y acumulado gran experiencia, se recomienda cuatro de los modelos de digestores, que por sus características, se adaptan a nuestro país.

1. Modelo de $\frac{1}{2}$ bolsa, con canal de agua.
2. Modelo de estañones metálicos.
3. Modelo de cemento.
4. Modelo Mortadela.

Para la construcción del Modelo de ½ bolsa, con canal de agua, debe ser construido lo más cerca de la fuente de la materia prima (lechería, porqueriza, agroindustria). Este como cualquier otro modelo de biodigestor, la operación se lleva a cabo por dos vías de comunicación, pila de entrada y salida, un tanque de almacenamiento del material a ser degradado, un almacenador de gas. Para que el proceso se realice, el piso debe tener un desnivel de un 3% a 4% con el fin de facilitar la eliminación del material procesado.

EL REACTOR ANAEROBICO

Es un elemento de diferentes formas, tamaños, materiales, pero con el mismo principio de funcionamiento, donde se deben tomar en cuenta factores tales como la temperatura, la alcalinidad, la relación líquido sólido, relación carbono nitrógeno y el tiempo de retención hidráulica.

Los biodigestores convencionales son utilizados generalmente para tratar sustratos concentrados con alto contenido de sólidos como el estiércol de bovinos, porcinos y otros materiales orgánicos, que se degradan en tiempos de retención mayores de 21 días.

Los reactores anaeróbicos de flujo ascendente con manto de lodos, filtros anaeróbicos, reactores con lechos fluidizados son los biodigestores de alta tasa, utilizados para tratar aguas residuales, mieles de café, vinazas etc. Éstos trabajan con tiempos de retención muy cortos (1-6 horas), debido a que poseen elementos especiales para el aumento de sus eficiencias.

FACTORES CRÍTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE METANO

Operación inicial del biodigestor:

- Condiciones anaeróbicas
- Materia prima adecuada
- Bacterias típicas apropiadas
- Condiciones ambientales adecuadas en el biodigestor.

Mantenimiento y operación adecuada para el funcionamiento del biodigestor:

- Protección adecuada de la alimentación con el sustrato al biodigestor, para mantener las poblaciones adecuadas de bacterias metano génicas.
- Alimentación continua en forma adecuada, para pequeños y medianos biodigestores.
- Remoción del material inerte de la pileta de salida.

- Mantenimiento constante de la temperatura interna dentro del biodigestor (30 – 40° C) para el buen funcionamiento de la actividad bacteriana mesofílica.
- Es importante la asesoría técnica en las zonas donde no se tiene experiencia de esta tecnología apropiada.

Criterios para determinar el diseño y construcción de un biodigestor:

- Determinar los requerimientos para producir el biogás. La unidad productora dependerá del consumo gas programado de acuerdo al equipo que operara y el tiempo en horas/día.
- Realizar un inventario de la cantidad y calidad del sustrato existente, se incluye número animales y sus características, como peso, especie, edad, tipo de alimentación, desechos agrícolas, humanos y cualquier otro desecho que se pueda utilizar para la producción de biogás.
- Se debe determinar el tiempo de acople del biodigestor y el material en su tiempo de retención.
- Determinar el volumen del digestor. El volumen mínimo del biodigestor se determina multiplicando el tiempo de retención por el volumen del material por el volumen producido de gas al día.
- Para el consumo de biogás por equipo ver Anexos: Biodigestores.



Biodigestor Gran Producción



Biodigestor Pequeña-Mediana Producción

Conclusión

La actividad porcina cuenta con nuevas herramientas e insumos para solventar las demandas ambientales que promueven su desarrollo productivo e integral, basándose en las tecnologías sostenibles que le permitan al productor controlar la contaminación por remanentes sólidos y líquidos.

Cada productor puede valorar cuál es la mejor opción tecnológica para implementar en su granja, lo hace de acuerdo a su realidad.

Actualmente, existen diversas tecnologías para manejar adecuadamente los residuos generados en la producción porcina, éstos se adaptan según el tamaño de la granja y situación económica del productor. Lo importante es tomar conciencia de que cada actividad productiva tiene un nivel de contaminación que se debe controlar y mitigar sus daños al ambiente.

Incluir el aspecto ambiental en el proceso productivo contribuye al bienestar humano y animal, considerando la inocuidad, seguridad alimentaria, trazabilidad y la salud pública. Por ello, utilizar tecnologías sostenibles para controlar y minimizar la contaminación ambiental ya es una prioridad para el porcicultor, a fin de demostrar que se puede producir con eficiencia y eficacia protegiendo el ambiente.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Araya, J. L.; ML. Padilla. 1986. **Producción Porcina, Segunda Reimpresión**, Editorial EUNED, San José, Costa Rica.

Fundación Ambio. 1998. **Ley Orgánica del Ambiente Comentada**. San José, Costa Rica.

Guevara. M. V. 1998. **Manual de Mecanismos de Protección Ambiental**. Fundación Ambio; CIVCO-ITCR; Asociación Conservacionista Yiski.

Jiménez, I. 1976. **Manejo de los Desechos de las Porquerizas. Primer Curso Postrado, Producción Porcina**, CIAT, Cali, Colombia.

Mojica, F. 1995. **La Agricultura orgánica en Costa Rica**. En Simposio Centroamericano sobre agricultura orgánica. Pp. 45-69 San José, EUNED.

Padilla, ML. **Material de clase del Curso de Producción Porcina 2001**. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. Nsp.

Programa de las Naciones Unidas para la Protección Ambiental. 1998. **Una Empresa con Futuro: El desarrollo económico y las tecnologías ecológicas**. PNUMA, Londres.

Restrepo, J. 2000. **X Curso sobre agricultura orgánica con énfasis en la preparación de biofertilizantes y caldos minerales para café, frutas y hortalizas** 134 p. San José, UNED

Rosales, E. 1997. **Lagunas y otras tecnologías para el tratamiento de aguas saliendo de una granja porcina**. pp: 10-24. Cartago, Costa Rica.

ANEXOS

CERDAZA

Cuadro: Composición Química de Cerdaza de Diferentes Etapas Productivas, Cerdaza Compuesta y Obtenida del Separador (base seca)*

NUTRIENTE										
Etapa Productiva	Humedad %	Proteína Cruda %	Extracto Etéreo %	Cenizas %	FND %	FAD %	CNE %	Calcio %	Fósforo %	Cobre mg/kg
Inicio	80.51	26.92	7.10	14.28	28.42	7.96	23.26	2.51	0.19	1160.5
Desarrollo	78.67	26.27	9.83	15.97	30.89	9.81	17.02	3.36	0.21	445.04
Engorde	78.55	23.38	6.74 d	16.44	37.04	11.35	18.24	2.96	0.22	427.64
Gestante	80.73	16.49	3.85	20.34	40.20	15.54	19.11	3.93	0.29	725.30
Lactante	72.52	15.80	8.64	20.08	30.65	11.79	16.22	5.01	0.27	920.60
TIPO DE CERDAZA										
Compuesta	72.10	18.75	10.90	19.29	32.77	12.69	18.24	4.45	0.25	741.71
Separador	78.82	14.69	4.42	9.25	68.65	29.93	4.66			

Fuente: Camacho, 1998

*Excretas provenientes de animales alimentados con una dieta a base de maíz y soya

Cuadro 2. Producción Total de Heces y Orina según Etapa Productiva

CLASE	TAMAÑO KG	KG/DIA	% HUMEDAD
Lechón	16	1.04	91
Cerdo crecimiento	30	1.9	91
Cerdo engorde	68	4.4	91
Cerdo finalización	90	5.9	91
Cerda gestación	125	4.0	91
Cerda y camada	170	15.0	91
Verracos	160	5.00	91

Adaptado de Midcost Plan Service MLUPS-18. Los valores son heces y orina únicamente.

PARÁMETROS DE LABORATORIO

Cuadro 3. Presentación de Muestras de Aguas Residuales Según el Parámetro a Analizar

Parámetro	Recipiente	Preservación	Tiempo máximo
DBO ₅	Plástico, vidrio	Congelar	6 a 48 horas
DQO	Plástico, vidrio	Ácido sulfúrico hasta pH menor a 2. Refrigerar	7 a 28 horas
SST	Plástico, vidrio	Refrigerar	7 días
SSed	Plástico, vidrio	Refrigerar	7 días
GyA	Vidrio (boca ancha)	Si no se hace en 2 horas, llevar a pH menor a 2 con ácido sulfúrico o clorhídrico. Refrigerar	1 a 5 días
PH	Plástico, vidrio	Análisis in situ. Sobre todo si hay gran actividad biológica.	6 horas

Fuente: Decreto Ejecutivo N 26042-S-MINAE (Gaceta del 19 de Junio de 1997).

Cuadro 4. Concentración Máxima Permisible de Contaminantes para la Actividad Porcina

ACTIVIDAD	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE(mg/l)						
	DBO _{5,20}	DQO	SST	GyA	pH	Ssed	T
Producción agropecuaria	500	800	200	-----	5 a 9	1 ml/l	>15°C < 40

T: temperatura

Fuente: Reglamento de Vertidos de Aguas Residuales, M.S.

ABONOS ORGÁNICOS

Cuadro 5. Composición del efluente

Componente	Concentración
Sólidos Totales	1,40 %
Sólidos volátiles	0,75 %
Ph	6,70 - 7,90
Carbón orgánico	0.40 – 0,09 %
Nitrógeno total	0,26-0,30%
Relación C : N	5,3 - 3,33 %
Nitrógeno amoniacal	200 – 400 ppm
Fósforo disponible P ₂ O ₅	48 ppm
Fósforo total	400 ppm
Potasio total K ₂ O	100 ppm
Potasio disponible	290 ppm
Calcio soluble	0,21 %
Magnesio soluble	0,14 %
Azufre	0,33 ppm
Zinc	0,05 ppm
Manganeso	0,005 ppm
Cobre	0,017 ppm
Boro	0,005 ppm

Fuente: Mojica, 2000

Ejemplos para la elaboración de abono orgánico

1. Para laborar 65 sacos se necesitan:

20 sacos de gallinaza
20 sacos de cascarilla de arroz
20 sacos de tierra colorada
6 sacos de carbón molido
1 saco de bocahi hecho
1 saco de concentrado o semolina
1 saco de carbonato de calcio
1 galón de miel de purga
1 kg. De levadura
1000 lt de agua.

2. Ejemplo 2:

2 sacos de zacate bien picado
2 carretillos de estiércol de cerdo
42 Kg de cal
1 saco de carbón
0,5 Kg de levadura
0,4 lt de melaza
Agua suficiente

3. Ejemplo 3

40 sacos de tierra negra bien tamizada
20 cascarilla de arroz, café, pulpa
20 sacos estiércol de cerdo
2 sacos de concentrado para ternero
4 costales de carbón bien molido
20 Kg harina de hueso
20 Kg harina de sangre
20 Kg harina de pescado
10 lt de melaza
20 Kg cal
Agua suficiente.

BIODIGESTORES

Consumo de biogás por equipo:

Para cocción

0,35 m³ por persona por día.

Ejemplo una familia de 7 personas = 2,45 m³/día

Quemadores = 5 cm de diámetro = 0,32 m³/hora

10 cm de diámetro = 0,46 m³/hora

15 cm de diámetro = 0,63 m³/hora

Ejemplo un quemador de 10 cm, 6h/día = 2,76m³/h.

Un horno = 0,44 m³/hora

Iluminación

Lámparas de camiseta como las Coleman.

Una lámpara 0,07 a 0,08 m³/h

Dos lámparas 0,14 m³/hora

Tres lámparas 0,21 m³/hora

Calentamiento de agua

Para Agua = (100°C) = 0,073m³/l

Ejemplo para hervir 100 litros = 7,4 m³

Una incubadora = 0,60 m³/hora por m³ de volumen interno.

Ejemplo: Incubadora de 10 m³ = (2,5 x 2,5 x 6) = 6m³/h.

Campanola para calentamiento de pollos o lechones = 0,250m³/hora o 0.042 m³/cm².

Motores

De combustión Interna = 0,45m³/caballo fuerza

Ejemplo un motor de 5 hp, 3hora/día = 6,75 m³.

Capacidad de Producción de Biogás

1 kilogramo de estiércol de porcinos en promedio produce 0,06 m³, esto depende del tipo de alimentación y el material genético con el que se trabaja.

Un ejemplo de un biodigestor flotante de estañones plásticos de una capacidad para diez cerdos y una producción de 2,4 m³ de CH₄ al día.

Costo total del proyecto \$ 170.

Beneficio anual \$ 136 + \$ 54 = \$ 190

Utilidad Ingresos \$190

Costos – \$ 130

Utilidad: \$ 60

Rentabilidad = R = U = 31.5 %

**Convenio de Cooperación para el Control de la Contaminación
Ambiental de la Producción Porcina en Costa Rica.**

