



Estación Experimental Agropecuaria
Marcos Juárez

Eliminación mediante impactos ambientales positivos de estiércoles y purines en las empresas porcinas. Producción de biogás.

Braun, Rodolfo
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
braun@cpenet.com.ar

Palabras clave: porcinos, tratamiento de efluentes, biogás

En la actualidad los sistemas de producción intensiva de cerdos se han intensificado en gran medida, produciendo no sólo más carne sino también generando grandes volúmenes de purines, convirtiéndose en un verdadero problema medioambiental. En el pasado los residuos eran gestionados de manera más o menos eficiente ya que las excretas y purines se utilizaban dentro del propio establecimiento. Con el cambio de sistema de explotación y la gran demanda de fertilizantes inorgánicos por parte de la agricultura, se dejaron de consumir estos residuos como fertilizante. Es por esto que lo que antes era tratado como un recurso ahora es considerado un residuo. Existen numerosos métodos de tratamientos de excretas, basados en principios mecánicos y biológicos y mezcla de los dos que actualmente se utilizan; pero para decidirse por uno o por otro hay que realizar un profundo análisis de cuál es el más apropiado según las características de la explotación y del medio que la rodea. Sin embargo existe un sistema de tratamiento biológico basado en reacciones anaeróbicas llevadas a cabo a través de biodigestores que tienen múltiples ventajas. Entre ellas, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que produce un biogás que se puede utilizar para innumerables fines: producir electricidad, energía térmica, hacer funcionar una cocina o un sistema de calefacción como también utilizar el efluente resultante como biofertilizante para el abono de cultivos. La digestión anaeróbica es un proceso biológico realizado por bacterias. El producto de esta digestión es una mezcla de gases, cuyos principales componentes son el metano (CH₄) y el anhídrido carbónico (CO₂). Se produce en forma natural a partir de los diversos residuos. Las excretas, vistas por muchos como un contaminante ambiental de importancia, pueden generar recursos muy valiosos mediante su procesamiento, de forma tal, que al reciclarse parte de la energía y de sus nutrientes, contribuyen a hacer sostenible la producción porcina y de otras especies animales integradas. La mayoría de los residuos animales y/o vegetales, cuando no son aprovechados como alimento animal o desde el punto de vista energético, pasan a ser un problema para el hombre y su entorno, ya que se constituyen en criaderos de roedores, insectos y microorganismos patógenos, además de la generación de olores desagradables y vertidos líquidos que poseen alta potencialidad como agentes contaminantes del suelo, del aire y de las fuentes naturales de agua, por lo tanto, es una prioridad y un deber moral, tratar los desechos que generamos. Es importante conocer algunos conceptos antes de entender el proceso de eliminación de residuos. ¿Qué son las excretas?: Es la deposición de heces y orina por parte de los animales producto de la excreción luego de ingerir y digerir alimento. ¿Qué son los purines/estiércol?: Es la deposición de heces y orina por parte de los animales producto de la excreción luego de ingerir y digerir alimento + restos de alimentos no ingeridos +

desperdicios de agua de consumo y lavado. ¿Que son los efluentes?: Aguas residuales tras haber pasado por un periodo de tratamiento (Braun, 2012).

El manejo de purines porcinos ha tomado importancia por dos razones: una, la tendencia de aumentar el tamaño de los criaderos de cerdo en los sistemas de producción intensiva confinada en donde se genera una cantidad considerable de desechos, y dos, por el aumento de la conciencia frente a la protección del medio ambiente por parte de la sociedad.

La generación de purines por unidad de cerdo, depende del sistema de manejo y del estado fisiológico del animal y está compuesto por un 95% de agua. Si se pudiera cuantificar la cantidad diaria de excretas producida por el número total de cabezas de cerdo que existen en el país en confinamiento (SAGyP, 2010), se obtendría una cantidad cercana a los 10.000 m³ diarios en promedio, lo que genera un problema real en lo que respecta a manejo de desechos.

Producción diaria de purines según el tipo de cerdo

Etapa	Estiércol kg/día	Est. + orina kg/día	Volumen l/día	Volumen m ³ /animal/mes
25-100 kg	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	11.0	16.0	0.48
H. lactación	6.4	18.0	27.0	0.81
Semental	3.0	6.0	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

Fuente: Peralta et al., 2005.

No obstante, la calidad y cantidad de excretas se verán afectadas por el tipo de alimento, el animal mismo y el tipo de instalaciones que condicionará su manejo. La producción diaria de excretas y purines varía en función del tipo y peso vivo de cada especie animal, del alimento que consume, temperatura y humedad en que vive y además, de la cantidad de agua de lavado que se utilice en caso de producciones confinadas.

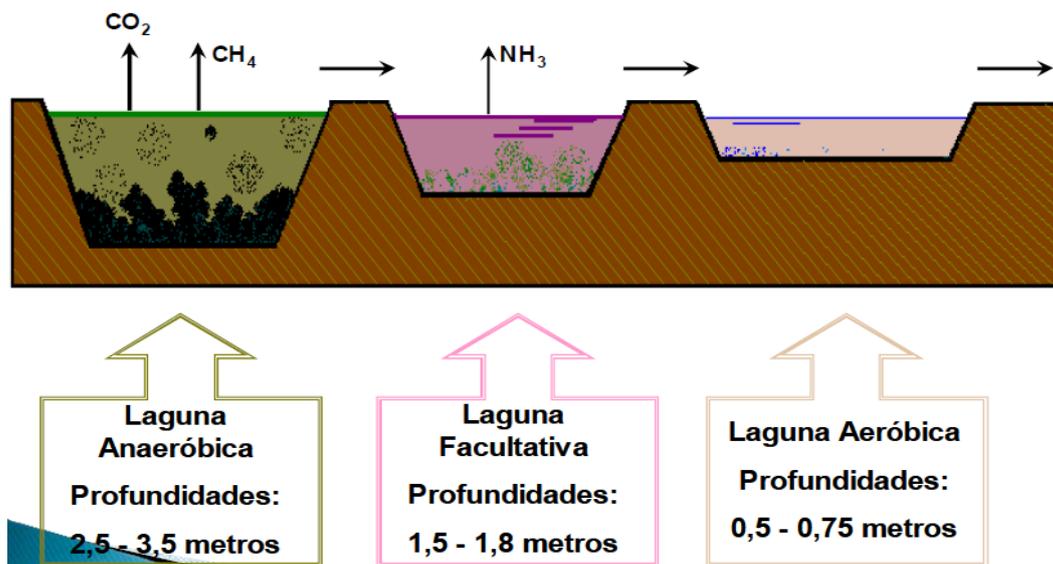
Los principales parámetros, que caracterizan al purín desde el punto de vista de sus constituyentes y el volumen producido, necesarios para el diseño de un sistema de tratamiento son: flujo medio total diario (m³·día⁻¹), demanda biológica de oxígeno DBO₅ (mg·l⁻¹), sólidos volátiles (mg·l⁻¹), nitrógeno total (mg·l⁻¹) y fósforo (mg·l⁻¹) (Peralta et al., 2005). Otros parámetros adicionales se requieren para el diseño de sistemas particulares, por ejemplo, para lagunas aireadas: caudal, eficiencia de eliminación, tiempo de retención, profundidad, constante de velocidad y factor de dispersión de la laguna, (Peralta et al., 2005). El residuo líquido, usando metodologías y diseños tecnológicos apropiados, puede ser tratado mediante sistemas naturales, como lagunas y sistemas de aplicación al suelo. Otra vía corresponde a los sistemas convencionales de tratamiento, definidos como técnicas controladas por medios artificiales construidos para la biodigestión del residuo. Los sistemas de tratamientos convencionales propuestos para el purín abarcan plantas de tratamiento aerobias, anaerobias y facultativas.

Clasificación de las lagunas de estabilización (Braun y Cervellini, 2010): • Aeróbicas: soportan cargas orgánicas bajas y contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo el volumen del líquido. • Anaeróbicas: se proyectan para altas cargas orgánicas y no contienen oxígeno disuelto. El proceso es semejante al de un digestor anaeróbico sin mezcla. • Facultativas: operan con una carga orgánica media. En las capas superiores hay un proceso aeróbico, y en las capas inferiores se tiene un proceso anaeróbico, donde se produce simultáneamente fermentación ácida y metánica. Los objetivos de las lagunas anaeróbicas son tratamiento biológico y estabilización de residuos, control de olores, destrucción de patógenos (> 90%), reducción de P y K que son contaminantes,

almacenamiento de aguas residuales y reducción de la DBO₅ (75 – 90 %) y DQO. La medida de la DBO₅ da como resultado la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el efluente a estudio. La medida de la DQO muestra la cantidad de materia orgánica no biodegradable que presenta el agua a estudio. La diferencia es que los gramos o miligramos de oxígeno se refieren, en el caso de la DBO₅, a los requeridos por la degradación biológica de la materia orgánica; mientras que en el caso de la DQO representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica (Braun, 2012). El cálculo se efectúa determinando el contenido de oxígeno de una muestra de agua y lo que queda después de un tiempo determinado (se toman 5 días como medida estándar) comparada con otra muestra (sería el blanco) semejante conservada durante este período a una temperatura dada (20° C) en un recipiente cerrado, fuera del contacto del aire y en la oscuridad, en orden a evitar el aporte de oxígeno por fotosíntesis. La diferencia entre los dos contenidos representa la DBO en 5 días (DBO₅). Diariamente, se generan alrededor de 0,25 Kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 0,75 Kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kilos de peso vivo (Purdue Research Foundation, 2003). El pH varía entre 6 y 8, tendiendo a la neutralidad en la medida que las excretas sean más frescas. La alcalinidad y conductividad son propiedades más propias del agua de lavado y de bebida, que de la excreta (Carr, 2009). Entre las ventajas de las lagunas anaeróbicas tenemos: a) fácil de operar, b) reducen el potencial contaminante, y c) se obtiene un efluente adecuado para riego agrícola (sobrenadante y tratado en las aeróbicas). Las lagunas anaeróbicas pueden ser cuadradas, rectangulares, elípticas o circulares, en promedio la dimensión es de 5 m³ por cada 100 kg de PV animal. Se recomienda un talud de aproximadamente 2:1 (horizontal: vertical) y contar con un parapeto de 0,6 m de alto por 1 m de ancho para evitar la entrada de agua de lluvia. Las lagunas nuevas deben llenarse inicialmente, con agua limpia hasta un 50% de su capacidad. Es importante descargar las deyecciones diariamente. Camas de paja, virutas, materiales plásticos, aceites y otros contaminantes no deben arrojarse a las lagunas.

Cuando la concentración de sales totales supera los 5000 ppm, la acción de las bacterias anaeróbicas se inhibe. Hay que eliminar el líquido sobrenadante hasta la mitad de su contenido, usándolo para riego. Aproximadamente el 20% de las deyecciones sólidas no son biodegradables o se degradan lentamente. Tal el caso de cenizas, ligninas y celulosa. Estas se acumulan en el fondo y deben ser removidas. Se realiza cuando ocupan 1/3 del volumen de la laguna. Puede usarse como fertilizante. A continuación un tándem de lagunares anaeróbicos – facultativos - aeróbicos.

Uso de lagunas de oxidación de materia orgánica



Fuente: Universidad Central de Venezuela, 2009.

Es importante separar los sólidos sedimentados para evitar que se sobrellenen las lagunas, los canales de riego y las estructuras de almacenamiento. El sedimento seco (cerdaza con 88-90% de MS) puede utilizarse en digestores anaeróbicos (metano génesis) a partir de bacterias que descomponen el estiércol en gas metano cuyos beneficios son: a) control de olores, b) producción de energía, c) reducción de patógenos y conversión del amoníaco. La presencia de sulfuros en las aguas residuales se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica presente, procedente de la reducción bacteriana de los sulfatos (De la Torre, *et al.*, 2003). Desde el punto de vista analítico, se distinguen tres categorías de sulfuros en efluentes (Muñoz y De la Torre, 2003): Sulfuro total, que incluye H_2S y HS^- disuelto, así como sulfuros metálicos solubles en ácido, presentes en la materia en suspensión. Sulfuro disuelto, que permanece tras haber eliminado los sólidos en suspensión por floculación y depósito, y Sulfuro de hidrógeno no ionizado, que puede calcularse a partir de la concentración de sulfuro disuelto, el pH de la muestra y la corriente de ionización práctica de H_2S . Un pH elevado beneficia la presencia de bacterias anaeróbicas que oxidan los sulfuros evitando la aparición de olores relacionados con la liberación de SH_2 . Existen en el comercio sustratos biológicos para el manejo del estiércol en fosas y lagunas. Son líquidos orgánicos que poseen una mezcla de microorganismos benéficos naturales seleccionados, nutrientes esenciales y asociados, formulados para aplicaciones de abatimiento del olor y manejo de estiércol. Los componentes se seleccionan tanto por su efectividad en el tratamiento de desechos orgánicos como por su habilidad para crecer en asociación a altas concentraciones. Son productos biológicos altamente concentrados que contienen cepas de bacterias seleccionadas y enzimas auxiliares, capaces de iniciar acciones biológicas en forma inmediata para lograr un positivo control de malos olores generados por compuestos orgánicos e inorgánicos (Braun, 2012). Las bacterias en estos productos son secadas mediante un proceso especial y son reactivadas con facilidad mezclándolas con agua y permitiéndoles un tiempo de rehidratación. Las bacterias en estos productos superan a aquellas originalmente presentes en el estiércol, siendo mejor adaptadas y tomando control del proceso de descomposición. Cambian la misma naturaleza de los compuestos causantes de malos olores por medio de un proceso de hidrólisis y oxidación biológica. Como resultado de estas reacciones se suprimen los patógenos, la DBO_5 y la DQO del estiércol se reducen drásticamente, pudiendo esperarse que haya reducciones del volumen de sólidos, en semanas, de hasta un 40%, y los olores disminuyen significativamente no sólo en el lugar de almacenamiento, sino también una vez desparado en el campo. En tanto, también, 1000 kg de PV de cerdo producen por día 4,8 kg de sólidos sedimentarios/día, a su vez estos sólidos producen $2m^3$ de biogás (propano) que generan 3,5 KW de energía/día (Andreadakis, 1992). La producción de biogás en un sistema intensivo de producción de cerdos puede llegar a cubrir en gran medida la demanda energética del sistema. A continuación se detalla el proceso de digestión anaeróbica para producir metano.

Descripción del proceso de digestión anaeróbica

1º etapa Fermentación ácida - pH < 7; Tº > 15 °C y tiempo corto (± 5 días)			
Purines +	Microorganismos -A-	Productos intermedios de degradación +	Microorganismos - A-
Complejos orgánicos y sustratos de carbohidratos, grasas y proteínas	Formadores de ácidos: saprófitos y facultativos	Ácidos orgánicos simples, CO₂ y H₂O	Otros productos intermedios
2º etapa: Fermentación Metano - pH = 7; Tº > 25 °C y tiempo largo (± 22 días)			
Productos intermedios de degradación +	Microorganismos -B-	Productos finales y gas +	Microorganismos - B-
Ácidos orgánicos simples, CO₂ y H₂O	Formadores de metano: Anaeróbicos estrictos	CH₄; CO₂; SH₂; H₂O y otros	Otros productos finales

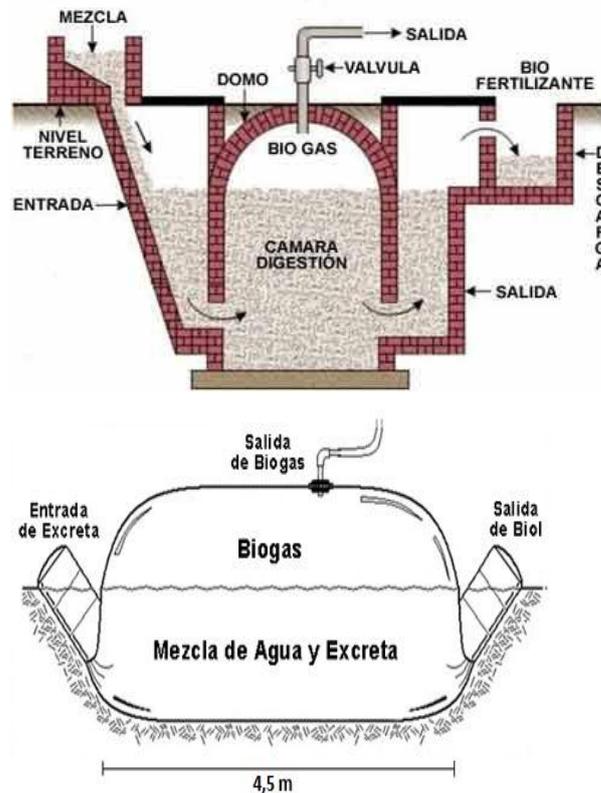
Fuente: Braun, 2012.

El biodigestor es un depósito completamente cerrado, donde los residuos orgánicos y/o excrementos de animales se fermentan sin oxígeno para producir gas metano y un abono líquido rico en nutrientes (Aguirre, 2004). Básicamente funciona llenando el tanque con una mezcla de materiales orgánicos y agua, que permanecen en este depósito retenidos por un tiempo determinado para que se produzca una fermentación que conlleve a la generación de gas (biogásificación) metano (metanización), que puede utilizarse para generar calor y/o electricidad (dependiendo de las cantidades de material tratado) (Roselló y Cazali, 2009). Para diseñar un biodigestor es necesario considerar la cantidad disponible de material orgánico a tratar continuamente, y la temperatura del sitio donde se vaya a instalar el sistema (a menor temperatura, menor actividad bacteriana y por tanto mayor tiempo de retención hidráulica). Además, considerando la adaptabilidad de este tipo de tratamiento, es necesario considerar algunos criterios como la necesidad de combustible y los requerimientos de fertilización de la empresa (Herrero, 2008). Las principales ventajas de los biodigestores son: los residuos de la producción porcina no necesitan tratamiento antes de su inclusión en el biodigestor, sólo controlar la relación C: N, y obtención de energía (biogás). Puede ser empleada en la cocción de alimentos, calefacción de cerdos pequeños o reemplazo de combustible en el funcionamiento de motores. Esta producción neta de energía puede aumentar sensiblemente la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, especialmente las de gran tamaño. También, se reduce el problema de olores generado por el almacenamiento de estiércol en la granja y se mantiene el valor fertilizante del estiércol. La mitad o más del nitrógeno orgánico, se

convierte en amoníaco (NH_3). Una pequeña cantidad de fósforo (P) y potasio (K) se sedimenta como lodo en la mayoría de los digestores. Su manejo es sencillo y no requiere mantenimiento sofisticado, y se protege el ambiente, por reducción de la carga contaminante de los residuos cuando se hacen vertidos puntuales en reservas naturales de agua. La digestión anaerobia en un digestor puede reducir la DBO_5 y los sólidos suspendidos totales (SST) en un 60 – 90%. La reducción de patógenos es mayor a 99% en 20 días de tiempo de retención hidráulica (TRH) de digestión mesofílica (Braun, 2012). El estiércol digerido es más fácil de almacenar y de bombear. El área necesaria para el procesamiento de la excreta es menor si se compara con los sistemas de tratamiento aeróbicos. Para algunos materiales, el costo es relativamente bajo y se puede recuperar la inversión gracias a que se economiza en la compra de otras fuentes de energía y de abonos.

Los componentes básicos de una planta de tratamiento anaeróbico son (Santalla, 2008): Tanque de mezcla, es una caja de mampostería o concreto donde se realiza la mezcla de estiércol y agua, que luego se introduce en la cámara de digestión a través del tubo de entrada. Biodigestor (reactor o fermentador), es un tanque donde se produce la fermentación anaeróbica. Usualmente se construye en concreto o mampostería de ladrillo, fibra de vidrio, acero inoxidable y las plantas tipo balón con material plástico. El gasómetro, es la sección donde se almacena el gas; el gasómetro y el digestor pueden constituir un solo cuerpo o estar separados. Tanque de descarga que recibe el material digerido o efluente. El efluente, lodo bastante fluido constituido por la fracción orgánica que no alcanza a fermentarse y por el material agotado (biomasa muerta). Su composición química, el contenido de materia orgánica y otras propiedades, dependen de las características de la materia prima utilizada y de factores ambientales

Esquemas básicos de biodigestores



Fuente: Peralta, et al., 2005.

Una unidad productora que pueda generar su propio biogás reduce su dependencia de otras fuentes de energía, como lo son los combustibles fósiles, o inclusive el uso de biogás puede hacer que dicha unidad sea energéticamente autosuficiente. La inversión en un proyecto de biogás se recupera rápidamente y permite costos de producción menores, a la vez que se crean fuentes adicionales de trabajo. El contenido del biodigestor, una vez que se vacía o limpia, es un buen abono orgánico, que puede ser utilizado en la producción de cultivos. El material descompuesto en forma líquida se denomina efluente y su composición química varía según el material original y puede ser aplicado a diferentes cultivos. Este efluente tiene la ventaja que no puede transmitir plagas ni enfermedades pues durante el proceso de transformación se alcanzan temperaturas que eliminan a los patógenos. Tratar los efluentes significa la materialización del concepto de producción animal de alta calidad y rentabilidad, incorporando los conceptos de biogás, bioenergías y biofertilizantes como sistema de saneamiento de residuos zootécnicos, preservando la no contaminación del medio ambiente como premisa fundamental de alto valor cualitativo y cuantitativo en el proceso productivo. Es importante precisar la obtención de productos complementarios a través del saneamiento del emprendimiento porcícola cuyo resultado se traduce en la obtención de biogás y sus energías cogeneradas (eléctrica y térmica) como así también los biofertilizantes (biolíquidos y biosólidos) obtenidos a través de los lodos digeridos, productos de alto valor nutritivo para el uso agrícola en forma de compost y fertirriego.

Bibliografía

- Aguirre, L. 2004. Guía de diseño y manual de instalación para producir gas metano y un abono líquido rico en nutrientes. UNAD. 47 pp.
- Andreadakis, A. D. 1992. Anaerobic digestion of piggery wastes. *Wat. Sci. Tech.* 25: pp.: 9-16.
- Braun, R.O.; Cervellini, J.E. 2010. Producción Porcina: bienestar animal – salud y medio ambiente – etología - genética y calidad de carne – formación de recursos humanos – enseñanza de la disciplina en la universidad. Ed. Nexo diNapóli. ISBN: 978-987-05-8475-9. 276 pp.
- Braun, R.O.; Scoles, G.E.; y Pattacini, S.H. 2012. Tratamiento ecológico para aumentar el rendimiento biológico de bacterias en las fosas bajo los slats en pistas de terminación de cerdos. *Revista de Memorias XVII Jornadas de Actualización Porcina. XI Congreso Nacional de Producción Porcina. VI Congreso de Producción Porcina del Mercosur. Salta, Argentina. Supl. 1: 8.*
- Carr, J. 2009. Herramientas básicas para controlar el ambiente de las explotaciones. *Suis: mayo: 24 - 37.*
- Muñoz, M.J.; Martínez-Almela., J.; de la Torre, A. 2003. Evaluación global de los sistemas de tratamiento de purines. *Porci 77: pp.: 55-68.*
- De la Torre, A; Arce, A; Díez, JA; Carballo, M; Vallejo, A. 2003. La problemática de los estiércoles y purines desde el punto de vista de la emisión de gases y olores. *Porci 77: pp. 69-84.*
- Herrero, M.A. 2008. Distribución de contaminantes naturales y antropogénicos en agua subterránea de tambos en la Región Pampeana. *Proceedings V Congreso Iberoamericano de Química y Física Ambiental 1:1-7. Mar del Plata, Argentina.*
- Peralta, J.M., Araya, A., Herrera, C. 2005. Manejo de purines porcinos y tecnologías aplicables: 60-90. In: Peralta, J.M (Ed.) INIA – Ministerio de Agricultura. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina. Colección libros INIA número 18. INIA, Santiago, Chile. 206 p.
- Purdue Research Foundation. 2003.
<http://www.epa.gov/seahome/manure/ser/species2.htm#swine>.
- Roselló, P. y Cazalli M. F. 2009. Medio ambiente y salud. Guatemala: Oficina Técnica de Cooperación de Guatemala. 55 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 2010. Sistemas de biodigestión. *Diario Oficial. Argentina.*
- Santalla, E. 2008. Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora

de las problemáticas ambientales y mitigación de GEIs vinculados a la producción porcina, avícola y bovina (feedlots y tambos). Facultad de Ingeniería. UNCPBA. 56 pp.

Universidad Nacional de Venezuela, Facultad de Agronomía. Cátedra Sistemas de Producción Animal I. Programa Directorio Inicial. 2009. 55 pp.