

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



Actualización en manejo de excretas de origen porcino

POR

JOSE LUIS SOSA ESPINOZA

MONOGRAFIA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Actualización en manejo de excretas de origen porcino

POR

JOSE LUIS SOSA ESPINOZA

MONOGRAFIA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


MC. ERNESTO MARTINEZ ARANDA

VOCAL:


MC. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ

VOCAL:


MVZ. ALEJANDRO ERNESTO CABRAL MARTELL

VOCAL SUPLENTE:


MVZ. HILDA RUTH SAGREDO ULLOA


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal



TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Actualización en manejo de excretas de origen porcino

POR

JOSE LUIS SOSA ESPINOZA

MONOGRAFIA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


MC. ERNESTO MARTINEZ ARANDA

ASESOR:


MVZ. HILDA RUTH SAGREDO ULLOA

ASESOR:


MC. JORGE ITURBIDE RAMIREZ


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal



TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE, 2015

Dedicatorias

A MI PAPA José Luis Sosa Anaya que gracias a sus consejos y apoyo logre salir adelante con lucha y fuerza, impulsándome a seguir siempre hacia adelante, y por ser la cabeza la familia siempre.

A MI MAMA, María Luisa Espinoza Carrasco gracias por estar siempre al pendiente de mi y creer en mí, brindándome el apoyo en cada momento, pidiéndole a dios que siempre estuviera yo con bien.

A MI HERMANA, IRIS AIDE SOSA ESPINOZA la cual siempre me apoyo desde cada instante que estuve lejos de ellos, con una llamada, con un te quiero, un te amo siempre estuvo ahí al pendiente.

A MI HERMANO LUCIO SOSA ESPINOZA, esa persona que siempre fue duro, enojón, serio, apartado de la familia y en ese momento cuando salí de casa me dijo que le echara todas las ganas porque creía en mí, además se que es una gran persona y tiene un excelente corazón.

A MIS TIOS MIGUEL ANGEL BAEZA SOSA, MANUEL SOSA CHAVEZ, por creer en mí que siempre me dieron el apoyo tanto a mí como a mi familia y cada palabra de que siempre le echara muchas ganas.

ESPECIALMENTE A MI TIA BERTHA ALICIA BAEZA SOSA (QEPD), que desde el momento que llegue me dio donde vivir, donde asistirme, que siempre estuvo al pendiente de mi que si comía, si dormía, como estaba.

A MI TIO BERNARDO JUAREZ VALENZUELA, que siempre al lado de mi tía se estuvo preocupando a cada instante por mí, su apoyo incondicional desde el primer día su ánimo para que saliera adelante y me diera su consejo cuando lo necesitaba, y como recordar su dicho cuanto seises has sacado José Luis.

A MI PRIMO LUCIO ALFREDO JUAREZ BAEZA, que gracias a él pude ingresar a la universidad, su apoyo para poder moverme en la ciudad su interés, en especial todas sus preocupaciones a cada instante lo que necesitara, podía recurrir a él, en el momento exacto.

A MI NOVIA MARICELA BUENDIA ORDAZ, que es mi apoyo total durante mis últimos dos años de carrera la cual estuvo conmigo en las buenas y en las malas, cuando me sentía triste, alegre, enojado, estresado, apurado, etc. La cual amo con toda mi alma y sigue siendo el motor de mi vida;

¡SI SE PUDO!

GRACIAS

Agradecimientos

A mi Alma Tierra Mater, por darme la oportunidad de desarrollarme como profesionista, de aprender cosas distintas a cada momento y por ser como mi segunda casa durante cinco años.

Al MC ERNESTO MARTINEZ ARANDA por sus consejos durante la realización de este trabajo y brindarme el apoyo como asesor principal.

A todos los maestros que en su momento dado me impartieron clases especialmente al MC JUAN LUIS MORALES CRUZ por darme la oportunidad de aprender dentro de su trabajo, sus consejos, su amistad y todo aquel aspecto donde pudiera contar con el siempre estuvo conmigo como profesor y amigo.

Al MC JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS, por su apoyo como tutor durante toda la carrera estando siempre cuando requería alguna opinión, un favor, una plática el estuvo para brindarme esa mano que hacía falta.

A toda la **familia Juárez Baeza** que siempre existió una palabra de aliento para poder seguir con esta carrera que no fue nada fácil pero pude contar con ellos que estuvieron al pendiente y ayudándome en lo que hiciera falta.

A mis compañeros de clase, de casa, de servicio social, a todos en general mil gracias por su apoyo durante cada momento.

Y a toda la gente que intervino directa e indirectamente durante este tiempo y que de una buena o mala manera ayudaron a impulsarme para lograr mi propósito de ser un MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

GRACIASI SE PUDO, LO LOGRAMOS.

ÍNDICE

Dedicatorias.....	i
Agradecimientos.....	iii
ÍNDICE	iv
INDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. USO DE LAS EXCRETAS PORCINAS.....	2
2.1 Cantidad De Excreta Producida de Acuerdo a Función Zootécnica	3
III. CONTAMINACION AMBIENTAL DE LAS EXCRETAS PORCINAS	4
3.1 Riesgo Contaminante de la Excreta Porcina.....	7
3.2 Alternativas Para Disminuir La Contaminacion Por Excreta Porcina	8
3.3 Toxicidad De La Excreta Animal	9
IV. COSTOS BENEFICIOS DE LA EXCRETA PRODUCIDA.....	9
4.1 Tratamiento De Excretas Porcinas.....	9
4.2 Lagunas De Tratamiento Anaerobico;.....	11
4.3 Digestion Anaerobia Como Alternativa De Tratamiento.....	11
4.4 Manejo De Los Residuos Como Aplicación A Ensilaje De Cerdaza	12
V. PRODUCCION DE EXCRETA COMO ALIMENTO EN RUMIANTES.....	13
5.1 Excreta Porcina Como Alimentacion De Monogastricos.....	15
5.2 Ensilado De Cerdaza, Como Fuente de Alimento.....	15
5.3 Uso De La Excreta Porcina Como Fertilizante.....	16
VI. USO DEL BIOABONO.....	17
6.1 Utilizacion De Los Residuos Organicos.....	17

6.2 Composta A Partir De Excretas Porcinas.....	18
6.3 Problemática En El Composteo De Excretas Porcinas.....	19
6.4 Produccion De Biogas A Partir De La Excretas Porcinas.....	19
6.5 Ventajas De Los Biodigestores	21
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	22

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de excretas según el estado fisiológico de los cerdos.....	4
Cuadro 2. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo.	5

RESUMEN

La producción porcícola ha crecido constantemente a nivel mundial y nacional, con ello la producción de residuos y desechos de las unidades de producción. En base a este criterio hay que tener en cuenta la utilización de los residuos obtenidos. Esta utilización masiva surge de tal demanda de producción de la materia orgánica para el establecimiento de procesos productivos y la reutilización de las excretas, como, el abastecimiento de alimentación a otros animales, la utilización como fertilizantes orgánicos como sustituto a fertilizantes químicos y la producción de energía a partir del manejo de los desechos, y con esto obtener un cierto beneficio para la producción desde un mejor rendimiento de suelos, producción animal y aprovechamiento de energía reduciendo costos de alimentación, manejo y sobre todo disminuyendo el efecto contaminante que estos residuos ocasionan al medio ambiente por la liberación de gases contaminantes, tanto para la salud animal y humana. El presente trabajo revela desde costos de producción, usos actualmente y varias alternativas para la reducción de contaminante al medio ambiente y de qué manera aprovechar la reutilización de las excretas porcinas y mejorar la productividad del sector agrícola y la productividad en alimentación animal.

Palabras clave: excretas, porcinos, manejo, contaminación, abono, tratamiento.

I. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, el mayor problema que enfrentan las explotaciones porcinas es la generación de excretas que contaminan el ambiente y pueden llegar a constituirse en el principal obstáculo para el futuro desarrollo de la industria animal, pese a este problema, las excretas porcinas tienen un gran potencial económico debido a su alto contenido de nutrientes, aprovechando las proteínas que estas nos brindan por medio de fermentación en estado sólidos por medio de microorganismos (Castrillon *et al.*, 2004).

En México, la producción porcina ha jugado un papel fundamental dentro del abasto de carne, en la década de los 90's la oferta de carne de cerdo creció a una tasa anual de 3.5% para ubicarse al final de la década en 994,186 ton, lo que la colocó como la tercer carne de importancia en México. Así mismo, se caracterizó por ser uno de los principales consumidores de granos forrajeros (4.1 millones de toneladas) y de pastas de oleaginosas (777 mil ton), cantidades que representan el 25.8 y el 21.9% respectivamente de la demanda pecuaria del año 2000. Este incremento en la producción ha ido emparejado a un incremento en el tamaño de las granjas porcinas, el INEGI en 1991 indica a través de los resultados del Censo Agrícola - Ganadero que en el país existían 1'963,000 unidades de producción porcina. Las explotaciones con menos de 20 cabezas (99% del total) contaban solamente con el 52% de la población porcina del país, y el 1% de las explotaciones contabilizaban el 48% del inventario. Esta situación trajo como consecuencia un aumento en la capacidad contaminante de las granjas porcinas, sobre todo en regiones del país que presentan una alta densidad de población porcina, ya que la porcicultura en México independientemente de ser practicada en todo el país, muestra una gran concentración en pocas entidades (Gráfica 7.1.1), donde la operación de grandes grupos de productores y empresas permite ofertar grandes volúmenes de carne para el abasto interno e inclusive para la exportación, de tal forma que el 68.7% de la producción nacional es generada en 6

entidades del país: Jalisco, Sonora, Guanajuato, Puebla, Yucatán y Michoacán (Mariscal, 2007).

En este trabajo se abordarán los aspectos de contaminación ambiental producidos por las excretas de origen porcino y las alternativas de manejo de las mismas para transformar un residuo contaminante en un producto que contribuya al mejoramiento de los suelos y a la nutrición animal alternativa, procurando con ello lograr un modelo productivo ecológicamente sustentable y generador de mayor productividad.

II. USO DE LAS EXCRETAS PORCINAS.

La producción porcina a nivel nacional comprende al menos tres variantes de sistemas productivos: tecnificado, semitecnificado y traspatio, donde esta última es la más común por ser una de las más vistas en territorio nacional (Mariscal, 2007). Un aspecto de beneficio económico de estas excretas, a diferencia de otros sustratos, es que son un buen abono agrícola (Osorio *et al.*, 2007), lo que implica que el estiércol líquido de cerdo puede ser utilizado como un recurso con un potencial y agronómico, y ambiental y económicamente sostenible (Douglas *et al.*, 2004).

Según los problemas ambientales relacionados a la excreta porcina en los últimos años, han pasado por alto por lo cual los sistemas individuales que se basan sobre el reciclaje de estiércoles animales en este caso de porcinos es el de regresarlo a la tierra como una importante fuente de nutrientes para el suelo (Hatfield, 2007), es por esta razón que para el uso adecuado de las excreta porcinas debe contarse como mínimo con una laguna de oxigenación. Las aguas pueden tratarse con implementación de fosas de tratamiento aerobio o anaerobio, pero esto no siempre es así, utilizándose en algunas explotaciones la derrama de las excretas en arroyos, barrancas o suelos (Mariscal, 2007).

Los estiércoles se han estado usando en la agricultura desde que el productor combinó su actividad agrícola con la ganadera en el nivel de traspatio o solar, aumentando así la fertilidad de los suelos y modificar sus características en beneficio del desarrollo de las plantas, quedando demostrada con rendimientos más altos y de mejor calidad, así mismo aportando los elementos esenciales que requieren los cultivos y mejorando la estructura del suelo porosidad y capacidad de retención de agua (Trinidad, 2015).

El uso de estos abonos orgánicos por sus excelentes características de composición son formadores del humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos disponibilidad de fósforo magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana haciéndolo más propio para el buen desarrollo (Trinidad, 2014).

2.1 Cantidad De Excreta Producida de Acuerdo a Función Zootécnica

Cuadro 1. Producción de excretas según el estado fisiológico de los cerdos

Etapa animal	Peso (kg)	Producción excretas (lt/día)	Sólidos totales (kg/día)	DBO (kg/día)	Sólidos volátiles (kg/día)	Nitrógeno (kg/día)	Fósforo (kg/día)	Potasio (kg/día)
Cría	16	1	0.09	0.08	0.08	0.01	0.01	0.01
Recría	29	1.8	0.18	0.14	0.14	0.01	0.01	0.01
Engorda	68	4.3	0.41	0.33	0.33	0.03	0.02	0.02
Gestación	125	4.2	0.37	0.30	0.30	0.03	0.02	0.02
Maternidad con cría.	170	15.1	1.36	1.09	1.09	0.10	0.08	0.08
Verraco.	159	5.3	0.45	0.38	0.39	0.04	0.03	0.03

(Peralta, 2005)

Cuadro 2. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo.

Etapa	Estiércol (kg/día)	Est. – Orina (kg/día)	Volumen (l/día)	Volumen (m3/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

(Mariscal, 2007)

III. CONTAMINACION AMBIENTAL DE LAS EXCRETAS PORCINAS

Uno de los principales problemas asociados con la producción de carne de cerdo y la expansión de la producción es el desecho del estiércol animal y el olor que se asocian con los animales y las instalaciones almacenamiento de estiércol. Tradicionalmente aliado, estiércol de cerdo se ha vuelto a la tierra de alguna manera en las zonas de producción; sin embargo, ha sido objeto de ataques en las zonas rurales, debido a los problemas de olor durante la aplicación (Hatfield, 2007).

Aunado a la producción sólida de excretas como contaminantes, el estado de las excretas puede ser identificado como excretas en estado líquido.

Toda explotación porcina desprende residuos sólidos y líquidos que son arrastrados por el agua al momento de lavado. Este agregado contaminante cambia el estado de potabilidad del agua transformándolo en lo que se conoce como agua residual, cuya composición está comprendida por ,55 % de excretas y 45 % de orina (Osorio *et al.*, 2007).

Los aspectos que impactan la contaminación ambiental por la producción porcina son; la contaminación del aire, suelo y agua por producción de gases, heces y orina (Méndez *et al.*, 2009).

La contaminación implica no solo un deterioro del ambiente sino también una fuga de energía y nutrientes, lo cual significa un desaprovechamiento de los recursos. En este sentido, la contaminación aparece como resultado de un proceso ineficiente o incompleto que no utiliza de manera apropiada los recursos que posee o que genera (Vicari, 2012).

Los principales contaminantes de las excretas producidas en una granja pueden tener una clasificación de acuerdo a su composición los cuales se dividen en físicos y químicos; de acuerdo a la materia orgánica y los sólidos en suspensión y de acuerdo al nitrógeno, el fósforo y el potasio excretados y el gran olor que es ocasionado por la gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (Mariscal, 2007).

Los factores ligados a las instalaciones afectan principalmente el contenido de agua de las excretas, así como la emanación de gases, por su parte los factores ligados al animal y al alimento influyen directamente sobre la composición química de las excretas, ya que la excreción corresponde a la proporción de un nutrimento contenido en el alimento que no es retenido por el animal; la cantidad retenida depende a su vez de la composición del alimento y de la capacidad del animal por fijar (depositar) los diferentes nutrimentos, principalmente el nitrógeno y el fósforo. Por lo que la composición química y por lo tanto el poder contaminante de las

excretas es muy variable y depende básicamente de la calidad del alimento, del programa de alimentación y de la capacidad productiva de los cerdos de una granja (Mariscal, 2007).

El manejo que se dé a las excretas es primordial, porque representan un nivel muy alto de riesgo de contaminación del suelo y mantos freáticos, principalmente con nitratos y fosfatos por el probable escurrimiento y filtración, incrementando el proceso de eutrofización de mantos acuíferos. Otra consecuencia ecológica relacionada con la aportación de nitrógeno a la atmósfera ayudando a la contribución de lluvia ácida (Mariscal, 2007).

Dentro de la contaminación del aire se estima las emisiones de amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y dióxido de carbono provocando molestias por olores fuertes y desagradables, además provocando trastornos respiratorios en humanos y animales, también contribuyendo a la destrucción de la capa de ozono (Méndez *et al.*, 2009).

Dentro de la problemática de la contaminación por excreta de origen porcino se plantea según países europeos un proceso de regulación e intervención con el fin de reducir el riesgo y prevenir el impacto ambiental derivado de la ganadería porcina, dentro de estos aspectos lleva a cabo un conjunto de aspectos legislativos para un buen desarrollo de la actividad, con ello tener la responsabilidad medio ambiental asociada a la actividad que desarrollara en la explotación (Babot, 2007).

Un sustrato contaminado frecuentemente es el suelo, que al estar vertido por un volumen de estiércol excesivo causa la acumulación excesiva de nutrientes en el suelo, que está en tránsito por un proceso de desdoblamiento ácido y de esta forma se produce una alteración del pH, infiltración de nitratos al subsuelo y contaminación microbiana (Méndez *et al.*, 2009).

La contaminación del agua por medio de las excretas de origen porcino es de tal importancia debido a que el agua superficial por la excreta se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos. El exceso de nutrientes favorece el crecimiento de algas desencadenando con ello el agotamiento del Oxígeno disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas e insectos nocivos y en casos severos la eutroficación de los cuerpos de agua, de igual forma también influye en la contaminación de mantos acuíferos (Méndez *et al.*, 2009).

Un estudio realizado en La Piedad, Michoacán, destaca los problemas involucrados por la sobrepoblación y el sistema aplicado para los residuos porcinos. Destacando que en la mayor parte de las granjas porcinas no existe un uso eficiente del agua y que los sistemas de tratamiento no están correctamente dimensionados por lo cual no funcionan de manera adecuada, es decir, los niveles de remoción de contaminantes son altamente bajos es por ello que sobrepasan los límites que menciona la legislación (Pérez, 2001).

3.1 Riesgo Contaminante de la Excreta Porcina

El potencial contaminante de los residuos ganaderos, las excretas, está determinado por los parámetros; materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados. El potencial contaminante de los residuos ganaderos viene determinado por los parámetros: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados, particularmente cobre. Destaca la materia orgánica porque la contaminación, que potencialmente puede producir es extremadamente elevada, sobre todo si la valoración contaminante se realiza en función de la carga orgánica, (Rodríguez, 2002).

El ambiente sufre un desequilibrio cuando existe el aporte de un cuerpo extraño, esto sucede a través de las alteraciones originadas por los distintos componentes de los residuos, afectando suelos por medio de la materia orgánica por medio del llamado humos también repercutiendo sobre las aguas superficiales y

subterráneas; y otro efecto de suma importancia es el efecto sobre la atmósfera ya que estos efectos están ligados a los componentes volátiles que emanan en los procesos de transformación de los componentes orgánicos, tales gases residen en la acción de determinados microorganismos anaerobios sobre: proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, dando lugar a compuestos volátiles y a gases con un grado determinado de nocividad: irritante (NH_3 y H_2S) y asfixiantes (CH_4 y CO_2) (Rodríguez, 2002).

3.2 Alternativas Para Disminuir La Contaminación Por Excreta Porcina

Algunas recomendaciones para bajar el potencial contaminante producidas por la excesiva producción de excretas, incluyen, Mejorar el conocimiento que los animales aprovechen de manera más eficiente los nutrientes esenciales lo cual bajarían las emisiones de metano que a su vez es excretado por lo tanto se reduciría el NH_3 emitido en los alojamientos, la gestión de los estiércoles y su aplicación al campo, es por ello que se puede llevar a cabo la reducción de exceso de proteína en la dieta permitiéndonos reducir el nitrógeno excretado en la orina y disminuir una emisión de NH_3 , además también aplicar y modificar los niveles de fibras o grasas (Calvet, 2015).

Como alternativa subalterna de la disminución de contaminantes porcinos se mencionan los sistemas de producción de cría de cerdos a cama profunda y cerdos a campo, Estos sistemas son una opción factible para reducir los problemas ambientales causados por los residuos sólidos y líquidos, producto de los lavados de los corrales y la alta producción de excretas de cerdos por metro cuadrado en los sistemas de confinamiento; la producción de cerdos a campo es escasamente contaminante al ambiente debido a que las deyecciones se distribuyen en el suelo, aprovechando así esto como fertilizante (Rodríguez *et al.*, 2010).

3.3 Toxicidad De La Excreta Animal

La toxicidad del estiércol de cerdo es tres veces menor que el estiércol de aves, existen una serie de bacterias que influyen como riesgo bacterial en el estiércol de cerdo; *Salmonella*, *Mycobacterium*, *Brucella*, *Escherichia coli*, *Leptospira*, *Yersinia* y *Campilobacter*. No siempre están presentes en el estiércol siendo más prevalentes en cerdos infectados (Mariscal, 2007).

IV. COSTOS BENEFICIOS DE LA EXCRETA PRODUCIDA.

Para llevar a cabo un análisis completo desde el punto de vista económico y productivo en los sistemas de producción de excreta porcina y bajar así el índice de contaminación ambiental y llevar un control en los sistemas de tratamiento de excretas, se pueden mencionar algunas alternativas, siempre y cuando se cuente con una legislación ambiental. Además es recomendable tener en alerta o dar asesoría técnica sobre protocolos de tratamiento y utilización a las excretas, indicaciones específicas de acuerdo al tipo de cada granja, con la finalidad de minimizar el potencial de contaminantes y de esta forma facilitar la capacitación técnica, económica y ambiental de los productores. Un aspecto primordial es contar con la disposición del agua y realizar buenas prácticas de limpieza, colección y tratamiento de excretas en cada sistema de producción involucrado (FAO, 2013). Las excretas como uso de alimentación de rumiantes pueden utilizarse para hacer ensilajes y elaborar las mezclas correspondientes las cuales pueden ser materia vegetal y así ofrecer el alimento de manera satisfactoria (FAO, 2013).

4.1 Tratamiento De Excretas Porcinas.

A nivel mundial existe la preocupación sobre el efecto de contaminación ambiental que generan los sistemas tradicionales de producción porcina, así como las consecuencias que estos sistemas ocasionan sobre el bienestar animal y humano, así después de la alta inversión utilizada o inicial que requieren las

instalaciones, a esta problemática surgen los sistemas alternativos de producción donde los cerdos están alojados en cama profunda, ofreciendo buen desempeño productivo, producción secundaria de abonos orgánicos y menor impacto ambiental respecto a los sistemas convencionales (Rondón *et al.*, 2014).

Toda producción porcina ha desarrollado o generado dentro de sus actividades, programas y acciones con respecto a la problemática del manejo de las excretas y el tratamiento de aguas residuales, es por eso que es recomendable hacer una serie de actividades o protocolos de limpieza, manejo y aprovechamiento de todos los residuos para la disminución de contaminantes y aumentar la disponibilidad de nutrientes (Arias *et al.*, 2010).

El tratamiento de los residuos, cada día reviste más importancia dada la dimensión del problema que presenta, no tan solo por el gran volumen de producción sino también por la aparición de enfermedades que afectan la salud humana y animal teniendo directamente una relación con el manejo inadecuado de los desechos orgánicos (Rodríguez, 2002).

Para llevar a cabo un procedimiento sin riesgos en la producción de abonos a partir de las excretas es necesario implementar un sistema de tratamiento de purines, lo cual consiste en una serie de combinaciones de procesos químicos, físicos y biológicos para llevar a cabo la eliminación o modificación de los residuos para disminuir la carga orgánica o carga contaminante presentes en él, y así poder disponer sin ningún riesgo alguno de daños al medio ambiente o a la salud humana (Vicari, 2012).

Los tratamientos primarios consisten en la preparación del residuo por medio de procesos físicos, para la degradación biológica y poder aplicarlos directamente al suelo, esto se lleva a cabo por medio de filtrado, tamizado y sedimentación para poder así eliminar los sólidos gruesos y materia orgánica (Vicari, 2012).

Los tratamientos secundarios consisten en la degradación biológica de materia orgánica compleja a material estable como materia orgánica simple o bien inorgánica por medio de procesos biológicos aerobios, anaerobios (Vicari, 2012).

El tratamiento de estiércoles es posible en explotaciones individuales o plantas centralizadas (Svoda, 2003) dependiendo de la complejidad del método del tratamiento y el costo económico del procesamiento. Llevando a cabo procesos como lo son digestión anaeróbica y pasteurización. Estos estiércoles tratados son menos densos y homogenizados con los nutrientes necesarios para llevar a cabo el abono a las plantas.

4.2 Lagunas De Tratamiento Anaerobico;

Los tratamientos más comunes para las excretas porcinas son el abono directo o en forma de composta, pero ambos sistemas requieren de un buen protocolo de funcionamiento por ejemplo recolección, tratamiento y traslado, cualquiera de estas alternativas es recomendable solo que sea segura y razonable para el tratamiento correspondiente, así también hay que tener en cuenta cuál de los sistemas es el más adecuado para el tipo de la explotación o granja (SAGARPA-SENASICA, 2004).

4.3 Digestion Anaerobia Como Alternativa De Tratamiento.

Cuando se descompone la materia orgánica por la acción de los microorganismos pueden obtenerse subproductos útiles. El tipo de subproducto obtenido depende de las condiciones en las que se produce la descomposición. En la naturaleza existen dos procesos que suponen la descomposición de materia orgánica:

- Proceso aerobio.- El oxígeno se utiliza para la descomposición de la materia orgánica.

Proceso anaerobio.- No se utiliza oxígeno para la descomposición. Los productos finales obtenidos son diferentes: mientras que en la descomposición aerobia se obtienen nitrato, sulfato y CO₂, la descomposición anaerobia arroja productos como amoníaco, sulfuro, humus y biogás (compuesto principalmente por CO₂ y CH₄). El proceso de la digestión anaerobia consiste en una serie de reacciones que, en ausencia de oxígeno, degradan la materia orgánica hasta CH₄ y CO₂ como productos finales. (Cervantes *et al.*, 2007).

Al descomponerse la materia orgánica por medio de los microorganismos obtenemos productos esencialmente útiles, dependiendo en las condiciones en las que se produce la descomposición, llevando a cabo procesos anaerobios por medio de fases anaerobias y aerobias; donde sin la presencia del oxígeno se lleva a cabo una serie de reacciones que degradan la materia orgánica; principalmente amoníaco, sulfuro, humos y biogás compuesto principalmente por CH₄ y CO₂ como productos finales, por otra parte en el proceso aerobio con la ayuda del oxígeno en la descomposición orgánica los productos finales son nitrato, sulfato y CO₂ (Cervantes *et al.*, 2007).

4.4 Manejo De Los Residuos Como Aplicación A Ensilaje De Cerdaza

Otro uso o manejo que se le puede brindar a la excreta porcina es el uso de ensilado de cerdaza procurando evitar acumulaciones de excretas alrededor de la granja que potencialmente puede conducir a concentraciones excesivas de minerales en las aguas, y acumulación en los suelos, y también principalmente a propiciar reservorios de enfermedades y de esta manera reutilizar nutrientes que se encuentren en las heces sólidas de los cerdos (Galindo *et al.*, 2013).

V. PRODUCCION DE EXCRETA COMO ALIMENTO EN RUMIANTES.

La composición del estiércol porcino llamado porquinaza depende de factores fisiológicos, ambientales y alimenticios, dentro de los que destacan como más importantes el nitrógeno, fósforo y potasio (Osorio *et al.*, 2007).

La porquinaza como suministro alimenticio para algunos animales como los rumiantes ya sea directamente del corral fresca o separada o bien seca, tiene mayores características físicas o palatabilidad (Castrillon *et al.*, 2004).

Principalmente el uso de la excreta porcina en la realimentación se debe a un alto contenido de materia mineral y nitrógeno el cual representa su mayor riqueza y bajo en concentración de energía (Gonzales *et al.*, 2010).

Existe una variación proteica muy elevada ya que la excreta sólida en su proceso de secado se generan grandes pérdidas del nitrógeno amoniacal. La excreta sólida de la porquinaza después del proceso de secado se le puede combinar con un 5% de melaza para ofrecerla al ganado de engorda y así poder en un dado caso reemplazar hasta un 20% de la dieta diaria (Castrillon *et al.*, 2004).

Ya que la porquinaza contiene un efecto nutritivo importante combinada con los diferentes forrajes que se puedan suministrar al ganado tiene un efecto importante sobre los rendimientos nutricionales del ganado de carne (Castrillon *et al.*, 2004).

En bovinos se han reportado ganancias diarias de peso hasta de 0.915, 0.890, 0.816 suministrando varias mezclas como por ejemplo maíz, sorgo, semolina de arroz y aceite de trigo (Castrillon *et al.*, 2004).

La cerdaza como alimento es una fuente muy reconocida por su alto nivel proteico y mineral, ya que la podemos tener en disposición en todo el año contribuyendo a este recurso una disponibilidad esencial para la alimentación de otras especies (Gonzales *et al.*, 2010).

El valor nutritivo de la excreta porcina está sujeto a diferentes tipos de variación, como; plano de nutrición, clase de animales, manejo de las excretas, consumo de alimento y agua y digestibilidad de la dieta, entre otros factores (Ly, 2013).

Según Ly, 2013, las excretas tienen un alto nivel proteico dentro de un rango de 11-31% en base seca, mientras que otros autores mencionan que su contenido de materiales fibrosos es menor que el de las excretas de bovinos, siendo la excreta de cerdo alta en ceniza y calcio.

Actualmente en diferentes partes del territorio nacional, se está experimentando el uso de excretas porcina como alimento para ganado de engorda según lo menciona (Aguilar *et al.*, 2002), por su alto valor agregado proteico le confiere un gran potencial para la alimentación de rumiantes, atribuyendo esto significativamente en la reducción de contaminación ambiental y reduciendo también los costos de alimentación los cuales son muy elevados pudiendo llegar hasta un 80%.

Dentro de las estrategias de usar las excretas animales en general pero en particular las porcina como una vía de conciliación o mejoramiento al medio ambiente, la alternativa de usar como alimento en la producción animal no compete con la de usarse como fertilizante, o como insumo para la producción de biogás y fertilizante (Ly, 2013).

Otra alternativa para el procesamiento de las excretas porcinas como alimento para algunos animales, es el suministro de excretas frescas a rumiantes pero por cuestiones sanitarias deben ser procesadas antes de ofrecerlas como alimento, considerando que el esilaje es el proceso adecuado donde se somete a fermentación ácida. En este procesamiento, el ácido láctico es principal conservador del grado alimenticio, y son eliminados los agentes patógenos

presentes y se evita que otros microorganismos crezcan en el material esilado (INIFAB, 2015).

Una de las principales formas de utilizar las excretas, es colectando los solidos mezclandolos con granos y otros ingredientes y ofrecerlos a rumiantes como bovinos y ovinos. Entre los principales parametros alimenticios de diseño se pueden considerar; fibra detergente acida, fibra detergente neutro, proteina cruda, extracto estereo, energia bruta, extracto libre de nitrogeno, total de nutrientes digestibles y cenizas(Iñiguez *et al.*, 1999).

5.1 Excreta Porcina Como Alimentacion De Monogastricos

Animals no rumiantes aves y cerdos presentan una mayor eficiencia alimenticia que los rumiantes, pero mayor dependencia de recursos alimenticios, por lo cual es cerdo puede alimentarse con fuentes fibrosas de bajo costo y requiere mas bajos niveles de suplementos proteicos. La mayoría del nitrogeno ingerido en forma de proteínas, que se degradan en peptidos y aminoacidos antes de ser absorbidos en el sistema digestivo, de la fraccion absorbida solo una parte de los aminoacidos satisfacen las necesidades metabolicas del animal y el resto son eliminados en la orina en forma de urea, y la fraccion nitrogenada no absorbida en el intestino es eliminada en las heces como N-organico El cultivo de peces con fertilización con excretas o aguas residuales tiene por objetivo producir alimentos naturales para los peces. Controlando la velocidad de inoculación de nutrientes provenientes de los residuos, es posible crear condiciones óptimas para un rápido crecimiento de los peces; las especies mas populares en este tipo de cultivo son la tilapia, la carpa cabezona, la carpa plateada y la carpa común (Castrillon *et al.*, 2004).

5.2 Ensilado De Cerdaza, Como Fuente de Alimento.

El proceso de ensilado de cerdaza conserva y modifica de manera positiva los nutrientes y reduce el riesgo de transmisión de patógenos, así mismo por este sistema podemos aplicarla como alimentación animal (Galindo *et al.*, 2013).

Este proceso se lleva a cabo transformando los residuos en una fuente viable y constante de alimento pudiendo ser incorporada como un ingrediente más a la dieta de los mismos cerdos en crecimiento, desarrollo, finalización, cerdas en gestación; y entre otras especies como rumiantes ovinos y bovinos en finalización (Galindo *et al.*, 2013).

5.3 Uso De La Excreta Porcina Como Fertilizante.

La utilización de desechos orgánicos con fines de fertilización de suelos, en especial estiércol de algunos animales, propician la lixiviación de nitrógeno y patógenos que alteran la calidad de aguas subterráneas y calidad de suelos (Pacheco *et al.*, 2002).

Según lo menciona Pinos y García (2012), la aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo, encontrando al nitrógeno como amoníaco en el estiércol el cual usan las plantas como principal nutriente. Es por ello que debemos valorar los estiércoles como fertilizantes orgánicos por sus características en comparación a fertilizantes químicos, teniendo estos como principal función la retención de agua, filtración de agua al subsuelo y el intercambio catiónico.

Actualmente se utiliza el uso de la materia orgánica como fertilizante orgánico, entre esta práctica se encuentra el uso de la composta como procedente del sistema de crianza en cama profunda de los sistemas de producción porcina del sector, este sistema se lleva por medio de eliminación de agua, facilitación de los desechos orgánicos y su utilización posterior como fertilizante orgánico (Cordero *et al.*, 2010).

VI. USO DEL BIOABONO

Ademas de la generacion de combustible biogas, la fermentacion anaerobica de la materia organica produce un residuo organico de excelentes propiedades fertilizantes (bioabono), teniendo como aprovechamiento tradicional los residuos animales, agricolas con fines fertilizantes o como combustibles (Cervantes *et al.*, 2007).

La composicion del bioabono tiene en promedio un 8.5% de materia organica, 2.6% nitrogeno, 1.5% fosforo, 1.0% potasio y un ph de 7.5. Este tipo de bioabono ya sea liquido o solido no posee ningun mal olor a diferencia del estiercol fresco, sin atraccion de moscas y se puede aplicar directamente al campo en forma liquida en cantidad recomendada, o bien el abono solido puede deshidratarse y almacenarse para usarlo posteriormente que al deshidratarse existen perdida por volatizacion de un 60% del total del nitrogeno; este tipo de abono no deja residuos toxicos en el suelo al contrario eleva la calidad del mismo y considerado como un muy buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes quimicos (Cervantes *et al.*, 2007).

6.1 Utilizacion De Los Residuos Organicos.

La recuperacion, reutilizacion y/o transformacion de los residuos en isumos utiles es una opcion que surge con el diagnostico de la problematica ambiental de cada sector, por lo que algunas alternativas seleccionadas deben ser adecuadas tecnicamente a las caracteristicas locales, viables economicamente y sustentables ecologicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologias de alternativa que representen una solucion efectiva y ajustada a cada realidad, puntos que puede cumplir el proceso de composteo (Vicab *et al.*, 2003).

6.2 Composta A Partir De Excretas Porcinas.

Por medio de la composta podemos incrementar el valor economico y nutritivo de los desechos organicos que se requiere convertir en productos para generar alguna aplicación, proceso donde intervienen microorganismos vivos tales como lombrices, insectos, entre otros; para poder obtener un producto inocuo, quimicamente estable, para uso de mejorador de suelos incrementando la fertilidad y la productividad del mismo, basado en esto poder llevar un control de los procesos de biodegradacion de la materia organica (Vicab *et al.*, 2003).

En una unidad de compostaje se dan procesos de fermentacion en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo mejor es que permaneciera en un medio aerobio, tratando de minimizar los procesos anaerobicos ya que los productos finales de este metabolismo no son adecuados para su aplicación agronomica conduciendo la perdida nutricional. Lo importante no es biodegradar sino poder conducir la biodegradacion por rutas metabolicas para la obtencion de un producto final lo mas apropiado para su uso como abono en el menor tiempo posible (Vicab *et al.*, 2003).

El compostaje se describe como una tecnica utilizada por la agricultura para aprovechar y estabilizar los nutrientes del estiercolo y otros residuos organicos para uso comun de biofertilizantes, este proceso de compostaje se utiliza en la actualidad un proceso aerobio que combina fases mesofilas (15-45 °C) y fases termofilas (45-70 °C) para de esta forma conseguir la reduccion de los residuos organicos y su transformacion en un producto estable y valorizante (Gómez *et al.*, 2004).

Para obtener un producto utilizable a partir de las excretas animales por medio del compostaje, este se lleva a cabo inicialmente por las cepas de microorganismos que descomponen los residuos organicos, en este caso las excretas, generando diferenciales de temperatura, el Ph del medio disminuye por la produccion de

ácidos orgánicos, una vez que alcanza la temperatura cercana a 40 °C. Las bacterias termofílicas inician procesos de degradación haciendo que se alcancen temperaturas de hasta 65 °C, condiciones en las cuales se inactiva el metabolismo de ciertos hongos, encontrando así en esta etapa hongos actinomicetos y bacterias formadoras de esporas los cuales son los degradadores de los azúcares, proteínas, almidón y grasas; donde el pH se vuelve alcalino por efecto de la liberación de ion amonio (Carvajal *et al.*, 2010).

6.3 Problemática En El Composteo De Excretas Porcinas.

Como es común en la mayoría de las granjas porcinas el apilar las excretas limita el proceso de composteo por problemas de aireación o ventilación al no utilizar el material que ayude a aumentar la densidad de las excretas. El contenido de la humedad dificulta la estructura porosa que debe existir en la pila para facilitar el paso del aire, ocurriendo en estas circunstancias que los microorganismos anaerobios dominan la degradación de la materia orgánica ocasionando que no aumente la temperatura, que sea lenta la descomposición y genere sulfuro de hidrógeno y otros compuestos de olor desagradable (Iñiguez *et al.*, 1999).

6.4 Producción De Biogás A Partir De La Excretas Porcinas.

El biogás se produce a través de un proceso de descomposición anaeróbico de los estiércoles, pasando por una serie de pasos como lo son hidrólisis por bacterias fermentativas, acidogénesis y acetogénesis para finalmente formarse el metano en la etapa metano génesis (Vera *et al.*, 2013).

La producción de biogás obedecerá al tamaño y especie del animal sin tomar en cuenta una temperatura en promedio anual ni la eficiencia de reacción anaerobia intrínseca del proceso (Vera *et al.*, 2013).

Para llevar un procesamiento de excretas a la producción de biogás de manera exitosa y darles un tratamiento que elimine los agentes patógenos por medio de la biogestión, al usar un biodigestor se aprovecha al máximo todos los nutrientes requeridos reduciendo el factor contaminante, consistiendo en alimentar al digestor con materiales orgánicos y agua, dejándolos un periodo de semanas o meses, a lo largo de los cuales en condiciones favorables químicas y ambientales, el proceso bioquímico y la acción bacteriana se desarrollan simultánea y gradualmente descomponiendo la materia orgánica hasta producir grandes burbujas que es donde, a su salida, se acumula el gas(Soria *et al.*, 2001).

La digestión anaerobia, a partir de polímeros naturales y en ausencia de compuestos inorgánicos se lleva a cabo por medio de dos etapas: hidrólisis y fermentación, donde la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias convirtiendo las moléculas solubles en diferentes cambios agua, proteínas, grasas y carbohidratos; Acetogenesis y deshidratación, donde los alcoholes y ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, CO₂ e hidrogeno siendo los sustratos de las bacterias metano génicas (Soria *et al.*, 2001).

Para que las bacterias aseguren un ciclo completo en el proceso de digestión anaerobia es necesario que se presenten algunas condiciones optimas favorables tales como; temperatura, donde las bacterias completen su ciclo biológico en una determinado ambiente, hermetismo, consistiendo que el tanque de las bacterias se encuentre cerrado totalmente, las presión del agua dentro del biodigestor sea la optima, tiempo de retención, tiempo en el cual la materia orgánica deberá ser degradada correctamente, porcentaje de sólidos, PH, agitación, que se lleve correctamente para establecer un mejor contacto de las bacterias con el substrato (Soria *et al.*, 2001).

Como ventaja de los sistemas anaerobios, tenemos la producción de biogás el cual tiene un alto nivel energético. Como principal componente el metano es el gas que le confiere características combustibles al mismo (Cervantes *et al.*, 2007).

El biogas puede ser utilizado como tal o bien ser convertido en la misma forma como otros gases combustibles, a pequeña y mediana escala, es utilizado en su mayor parte para cocinar, ya sea combustion directa o estufas simples tambien es utilizado para iluminacion, calefaccion y como reemplazo a la gasolina y disel en motores de combustion interna (Cervantes *et al.*, 2007).

Tamabien el biogas es utilizado como combustible para motores a disel y gasolina a partir de los cuales puede producir energia electrica por medio de un generador, este tipo de combustible puede reemplazar a hasta un 80% del disel pero no al 100% por su baja capacidad de ignicion (Cervantes *et al.*, 2007).

6.5 Ventajas De Los Biodigestores

Dentro de las ventajas que tenemos en la producción de biogás a partir de el uso de los biodigestores se mencionan algunas como, la optimización en el material orgánico utilizado captado todos los productos y subproductos generados en la degradación, obteniendo poca perdida de nutrientes, los residuos orgánicos obtenidos después de la degradación anaeróbica llamados efluentes contienen mayor riqueza nutricional que los obtenidos en la degradación aerobia (Soria *et al.*, 2001).

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Arias MSA, Betancur TFM, Gómez RG, Salazar GJP, Hernandez AML. 2010. Fitorremedación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Tecnico Colombia*, 74: 12-22.
2. Babot D. 2007. Gestión medioambiental en producción porcina. *Rev. Compt. de Prod. Animal*. 14:3.
3. Calvet SS. 2015. Contaminación atmosférica mitigación y adaptación a través de la nutrición animal. *Nutrinews contaminación atmosférica y nutrición animal*. <http://nutricionanimal.info/download/0315-medioambiente.pdf>
4. Castrillon QO, Jiménez PRA, Bedoya MO. 2004. Porquinaza en la alimentación animal. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(1): 72-76.
5. Cervantes FJ, Zaldívar CJ, Yescas JF. 2007. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Rev. Lat. De Rec. Nat.* 3(1):3-12.
6. Carvajal MJS, Mera BAC. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Rev. Prod. Limp.* 5:2-4.
7. Cordero Y, Cruz E, Almaguel R. 2010. Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento del girasol. *Revista computadorizada de producción porcina*, vol. 17:2-5.

8. Douglas LK, Cambardella CA, Kanwar RS. 2004. Desafíos de la gestión líquido estiércol de cerdo. Sociedad americana de ingenieros agrícolas. Vol.20:693-699.
9. FAO.2013. Analisis del beneficio-costo de los sistemas de tratamiento de excretas, (Consultado 05-06-2013). www.fao.org/wairdocs/lead/x6372s/x6372s06.htm
10. Galindo BAJ, Domínguez AG, Salazar GG, Arteaga GRI, Martínez PMD, Sánchez GFJ. 2013. Ensilado de cerdaza, una oportunidad para el manejo de la bioseguridad y el microbismo en granjas porcinas. *INIFAB* 4:44-46
11. Gómez DTY, Gonzales GMI, Chiroles RS. 2004. Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. *Revista electrónica de la agencia de medio ambiente*, 7:683-904.
12. Gonzales GH, Venegas MJ, Orozco EA, Martinez RR, Garcia ME, Ramos GI. La excreta de cerdo como ingrediente alimenticio en la dieta de rumiantes. *Rev. de Cie. y Tec.de la UACJ*, 7:39-47.
13. Hatfield LJ, Brumh CM, Melvin WS. 2007. Gestion del estiércol de cerdo.
14. INIFAB. 2015. Excretas Ensiladas de Cerdo, Para Alimentacion de Rumiantes . *INIFAB* . <http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/2.%20Bovinos%20Carne/2.%20Nutrici%C3%B3n/EXCRETAS%20ENSILADAS%20DE%20CERDO.pdf>(CONSULTADO 06/09/2015).
15. Iñiguez CG, Varela HJJ. 1999. Composteo y ensilaje de excretas porcinas. *Bioteología*, 4:2-5.
16. Ly J. 2013. Uso de excretas en sistemas integrados de producción animal. *Instituto de investigaciones porcinas*, 11: 73-74.
17. Méndez NR, Castillo BE, Vázquez BE, Briceño PO, Coronado PV, Pat CR, Garrido VP. 2009. Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13: 13-21.
18. Mariscal LG. 2007. Capitulo 7, Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcinas. Sitio

Argentino de Produccion Animal.

<http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6372s/x6372s08.htm>

19. Osorio SJA, Ciro VHJ, Gonzalez SH. 2007. Evaluacion de un sistema de biogestion en serie para clima frio. *Rev. Nal. Medellin*, 60: 4145-4162.
20. Peralta AJM. 2005. Manejo de purines porcinos y tecnologias aplicables. Instituto de investigaciones agropecuarias. http://biblioteca.inia.cl/medios/catalogo/libros/INIA_L0018.pdf
21. Pacheco J, Cabrera A, Steinich B, Frias J, Coronado V, Vazquez J. 2002. Efecto de la Aplicación agricola de la excreta porcina en la calidad del agua subterranea. *Ingenieria* 63: 7-17.
22. Pinos RJM, Garcia LJC, Peña ALY, Rendon HJA, Gonzalez GC, Tristan PF. 2012. Impactos y regulacines ambientales del estiercol generado por los sistemas ganaderos de algunos paises de America. *Agrociencia*, 46: 359-370.
23. Pérez R. 2001. Porcicultura y contaminación del agua en la piedad, Michoacán, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 17:5-13.
24. Rondón RYM, Aranque MHE, Farfán LCJ, Mora F. 2014. Efectos de dos tipos de material de cama sobre la carga parasitaria de cerdos en crecimiento y engorde alojados en cama profunda. *Rev. Fac. Cs. Vets*, 55: 42-52.
25. Rodríguez MA, Pulido MMA, Rey BJC, Lobo LD, Aranque H, Rivero C. 2010. Efecto del pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre propiedades del suelo. *Agronomía tropical*, 60: 119-130.
26. Rodríguez C. 2002. Residuos ganaderos. Sitio argentino de producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf
27. Svoboda FI. 2003. Digestion anaerobica, almacenamiento, oligoLysis, cal, calor y tratamiento aerobio de estiercoles animales. *Servicios FEC*, 1:110-115
28. SAGARPA-SENASICA. (2004). Manual de Buenas Practicas de Produccion en Granjas Porcicolas. 35-36.

29. Soria FMJ, Ferrera CR, Etchevers BJ, Alcantar GG, Trinidad SJ, Borjes GL, Pereyda PG. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestion de excreta liquida de cerdo. *Terra* 19: 353-362.
30. Trinidad SA. 2015. Utilización de estiércoles. Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural; Subsecretaria del desarrollo rural, Dirección General de Desarrollo Rural; México: (Consultado 29-10-2015) <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Utilizacion%20de%20estiercoles.pdf>
31. Trinidad SA. 2014. Abonos Orgánicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación; Subsecretaria de Desarrollo Rural; Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. México (Consultado 10-09-2014) <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>
32. Vicari MP. 2012. Efluentes en produccion porcina en Argentina: generacion, impacto ambiental y posibles tratamientos. *Trabajo final de ingenieria en produccion agropecuaria*. 38-40.
33. Vera RI, Estrada JM, Martínez RJ, Ortiz SA. 2013. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica, Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 15: 429-436.
34. Vicab BLA, Sandoval CCA. 2003. Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 2:45-63.