



Recepción: 06 / 06 / 2019

Aceptación: 17 / 07 / 2019

Publicación: 05 / 08 / 2019



Ciencias sociales y políticas

Artículo de investigación

***Estrategias para mitigar el impacto ambiental generado por la porcicultura hacia la contribución del desarrollo sostenible: Sitio Banasur, cantón Pasaje***

***Strategies to mitigate the environmental impact generated by the porciculture towards the contribution of sustainable development: sitio Banasur, canton Pasajes***

***Estratégias para mitigar o impacto ambiental gerado pela criação de suínos para a contribuição do desenvolvimento sustentável: o site Banasur, Passagem do cantão***

Lizbeth Dayanara Rodríguez-León <sup>I</sup>

[ldrodriguez\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:ldrodriguez_est@utmachala.edu.ec)

Katherin Michelle Ordoñez-Vásquez <sup>II</sup>

[kmordonez\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:kmordonez_est@utmachala.edu.ec)

Patricio Fredy Quizhpe-Cordero <sup>III</sup>

[pquizhpe@utmachala.edu.ec](mailto:pquizhpe@utmachala.edu.ec)

Correspondencia: [ldrodriguez\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:ldrodriguez_est@utmachala.edu.ec)

- I. Estudiante de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Estudiante de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- III. Magíster en Salud con Enfoque de Ecosistema, Magister en Docencia Universitaria, Ingeniero Acuacultor, Docente de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

## Resumen

Una de las actividades que afectan al ambiente es la actividad agropecuaria, de la cual se desprenden cantidades significativas de contaminantes, principalmente del sector porcícola, por esto se ha planteado como objetivo describir las principales herramientas utilizadas para prevenir, controlar y/o mitigar la contaminación ambiental generada por la porcicultura y analizar su aplicabilidad en el sitio Banasur, del cantón Pasaje a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, para ello se procedió a la utilización de un check list, mediante el cual se identificó los principales impactos ambientales producidos por los sistemas de cría de cerdos existentes en el sitio Banasur, obteniéndose como principales impactos: la generación de aguas residuales, contaminación del suelo y del agua, propagación de plagas, olores fétidos, emisión de gases de efecto invernadero y generación de residuos ordinarios y hospitalarios, luego de lo cual se procedió a investigar acerca de las principales herramientas existentes para prevenir, controlar y/o mitigar la contaminación ambiental generada por los planteles porcinos, en base a la información existente en diferentes investigaciones publicadas en revistas científicas indexadas, una vez revisadas se estableció cuáles serían más factibles de implementar en el sitio de estudio, llegando a la conclusión de que las más factibles de implementar son los sistemas de cría de cama profunda, sistemas de tratamiento de aguas residuales y biodigestores, de este último podría obtenerse hasta 216 KW diarios y 78.824 KW al año, energía suficiente para encender un foco de 100 W (0,10 Kw) durante 216 horas.

**Palabras clave:** Estrategias; porcicultura; impactos ambientales; sostenibilidad.

## Abstract

One of the activities that affect the environment is the agricultural activity, from which significant quantities of pollutants are derived, mainly from the pig farming sector. For this reason, it has been proposed to describe the main tools used to prevent, control and/or mitigate the environmental pollution generated by pig farming and to analyze its applicability in the Banasur site, In order to achieve sustainable development, a checklist was used to identify the main environmental impacts produced by the pig breeding systems existing in the Banasur site, which were obtained as the main impacts: the generation of wastewater, soil and water pollution, spread of pests, foul odors, emission of greenhouse gases and generation of ordinary and hospital waste, after which we proceeded to investigate the main existing tools to prevent, control and / or mitigate environmental pollution

generated by pig farms, based on the information existing in different researches published in indexed scientific journals, once revised it was established which would be more feasible to implement in the study site, coming to the conclusion that the most feasible to implement are the deep bed breeding systems, wastewater treatment systems and biodigesters, from the latter could be obtained up to 216 KW daily and 78.824 KW per year, enough energy to light a 100 W (0.10 Kw) bulb for 216 hours.

**Key words:** Strategies; pig farming; environmental impacts; sustainability.

## **Resumo**

Uma das atividades que afetam o meio ambiente é a atividade agrícola, a partir da qual quantidades significativas de poluentes são liberados, principalmente do setor de suínos, razão pela qual foi proposto descrever as principais ferramentas usadas para prevenir, controlar e / ou mitigar a poluição ambiental gerado pela indústria de suínos e analisar sua aplicabilidade no canteiro Banasur, do cantão de Pasaje, a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável; para isso, foi utilizado um check list, através do qual foram identificados os principais impactos ambientais produzidos pelos sistemas de criação de suínos no sítio de Banasur, obtendo como principais impactos: a geração de águas residuárias, poluição do solo e da água, propagação de pragas, odores desagradáveis, emissão de gases de efeito estufa e geração de lixo comum e hospitalar, a partir do qual procedemos a investigar sobre os principais As ferramentas existentes para prevenir, controlar e / ou mitigar a poluição ambiental gerada por fazendas de suínos, com base nas informações existentes em diferentes pesquisas publicadas em revistas científicas indexadas, uma vez revisadas, foram estabelecidas, o que seria mais viável de implementar no site da. estudo, concluindo que o mais viável para implementar são sistemas de cultivo em cama profunda, sistemas de tratamento de águas residuais e biodigestores, este último pode obter até 216 KW diariamente e 78.824 KW por ano, energia suficiente para inflamar um foco de 100 W (0,10 Kw) por 216 horas.

**Palavras-chave:** Estratégias; suína impactos ambientais; sustentabilidade

## Introducción

Problemas como la degradación ambiental, contaminación y el calentamiento global, son producto del rápido desarrollo económico (Panya, Poboan, Phoochinda, & Teungfung, 2018), el desarrollo tecnológico y la economía, es así que, el impacto es cada vez más alarmante (X. Zhang, 2019). Estudios realizados consideran que el incremento de actividades económicas deja como resultado una mala calidad ambiental, incrementando de forma significativa las emisiones de CO<sup>2</sup> (Adu & Denkyirah, 2018).

Si bien es cierto que la fuerza motriz del desarrollo económico y tecnológico de una nación es la industria, sin embargo, el desarrollo de las unidades de producción, genera mayores descargas de desechos contaminantes, traduciéndose así en contaminación ambiental (Liu, Bilal, Duan, & Iqbal, 2019).

Entre los sistemas de producción agropecuaria, uno de los causantes de diferentes impactos ambientales son los programas porcinos, estos contaminan el aire, el agua y el suelo (Sagastume Gutierrez, Cabello Eras, Billen, & Vandecasteele, 2016), razón por la cual es una de las actividades productivas con mayor vigilancia.

A nivel mundial la porcicultura presenta profundos problemas ambientales que se han venido desarrollando con frecuencia; y son en gran magnitud los malos procedimientos que se generan en la parte productiva de esta actividad (Moreno & Devia, 2018). Dentro de los principales problemas ambientales que ocasiona esta actividad se encuentran: la contaminación del agua superficial y del subsuelo por el nitrógeno y fósforo contenido en las excretas, deterioro de la calidad del aire por la generación de gases tóxicos, principalmente dióxido de carbono, (CO<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), ácido sulfhídrico, (H<sub>2</sub>S) y metano (CH<sub>4</sub>), que afectan a los trabajadores, a las poblaciones vecinas y a los propios cerdos, contaminación por metales pesados, sobre todo cobre y zinc, que el cerdo solo absorbe en un 5 y 15%, excretando el resto (Reyes V, 2010).

En un contexto actual el incremento de la producción porcina ha conducido a sistemas que incrementan la densidad de animales por área, de manera que resulta significativo considerar los efectos ambientales negativos relacionados con la elevada concentración de animales que genera emisiones de gases con efecto invernadero al liberar cantidades excesivas de nitrógeno (N) y fósforo

(P) así como elevada dosis de  $\text{Co}^{2+}$  que está presente en la alimentación de los animales con el objetivo de aumentar el crecimiento de estos y que, con el tiempo, se acumulan en el suelo (FAO, 2019).

El principal impacto ambiental generado por la producción destinada a la cría de cerdos está relacionado con los purines (excretas) producidos por el ganado porcino. Un almacenamiento adecuado puede reducir la cantidad de gases de efecto invernadero liberados (FAO, 2016), los cuales deben llevar a cabo un proceso adecuado para minimizar la problemática ambiental que esta genera a su entorno, para hacer de esta actividad una práctica sostenible (Moreno & Devia, 2018).

En el Ecuador, los sistemas de producción porcina, durante el año 2016 produjeron aproximadamente 1,14 millones de toneladas métricas de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y 23,97 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (INEC, 2016). El metano entérico representa el 30% de las emisiones a nivel mundial, este, por tratarse de un contaminante de vida corta, su reducción puede resultar de mucha utilidad para mitigar el cambio climático (FAO, 2015).

Durante el año 2017 se produjeron un aproximado de 118,7 millones de toneladas métricas de carne de cerdo en el mundo (FAO, 2018). En el Ecuador, para este mismo año se reportaron un total de 1.115.473 cabezas de ganado porcino, de estas, 109.560 fueron producidas en la provincia de El Oro (INEC, 2017).

La ganadería porcina mantiene una importante dinámica dentro de la economía ecuatoriana y de la provincia de El Oro, es por esto que se debe tener en cuenta también los impactos que esta genera sobre el ambiente, razón por la cual se plantea como objetivo describir las principales herramientas utilizadas para prevenir, controlar y/o mitigar la contaminación ambiental generada por la porcicultura y analizar su aplicabilidad en el sitio Banasur, del cantón Pasaje a fin de alcanzar el desarrollo sostenible.

## **Metodología**

### **Caracterización de la investigación**

La investigación se llevó a cabo en el sitio Banasur, de la parroquia Buenavista, correspondiente al cantón Pasaje, de la provincia de El Oro, creado en el año de 1976 con el nombre de Banasur, el cual, años después pasaría a llamarse Cristo del Consuelo, cuenta con una extensión de 3 km cuadrados.

En el sitio se encuentran asentadas 25 familias, 30 hombres y 45 mujeres, de los cuales existen 15 familias que se dedican a la actividad porcina alrededor de 12 años. (GAD, 2015).

### Métodos

La investigación fue de tipo descriptivo de diseño no experimental, debido a que no se manipularon variables, basándose solo en la observación de los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para posteriormente realizar su descripción; transeccional o transversal, dado que los datos fueron recopilados en un solo momento, razón por la cual la información fue obtenida directamente de cada plantel porcino, donde se solicitó información acerca de las instalaciones en lo que respecta al número de animales con el que cuentan, forma de operación y tratamiento de desechos.

La recolección de datos se realizó mediante el uso de un check list dirigido a los 15 productores de los planteles porcinos, donde se procedió a identificar los principales impactos ambientales producidos por los sistemas de cría de cerdos existentes en el sitio Banasur, como se detalla en la tabla 3.

El Check list es una técnica que consiste en realizar la visita al área de estudio o sitios donde se va a investigar a fin de obtener información referente a las condiciones ambientales de la zona (García, Luizaga, & Herbas, 2016).

Luego de ser identificadas las instalaciones se procedió a estimar el número de animales por granja y total, la generación de excretas, y el volumen de aguas residuales que se generan.

Para la estimación de las excretas se procedió a clasificar a los animales por edad (Vera, Martínez, Estrada, & Ortiz, 2014) como se muestra en la Tabla 1 y 2

**Tabla 1. Clasificación de acuerdo a la edad**

Edad de los cerdos	Menores de 8 semanas	Pequeño
	Entre 2 y 6 meses	Mediano
	Sementales	Grande
	Vientres	Grande
	Mayores de 6 meses	Grande

Fuente: (Vera et al., 2014).

**Tabla 2. Producción de excretas diarias**

Excretas producidas	Grande	2 kg/ día
	Mediano	1,5 kg/ día
	Pequeño	1 kg/ día

Fuente: (Vera et al., 2014).

Las aguas residuales generadas en las granjas porcinas, fueron estimadas a base de los resultados de (Druker et al., 2004), el cual estableció el volumen de agua utilizada por la UPA (Unidad de producción agropecuaria) y por día, de acuerdo al tamaño de la granja. Las granjas pequeñas tienen un promedio de 35 litros diarios, medianas 13 litros y grandes 16 litros.

Finalmente, mediante la investigación bibliográfica se describió las principales herramientas existentes para prevenir, controlar y/o mitigar la contaminación ambiental generada por los planteles porcinos, los mismos que fueron analizados de acuerdo a la información existente en diferentes investigaciones publicadas en revistas científicas indexadas, una vez revisadas se estableció cuáles serían más factibles de utilizar en el sitio Banasur.

## Resultados

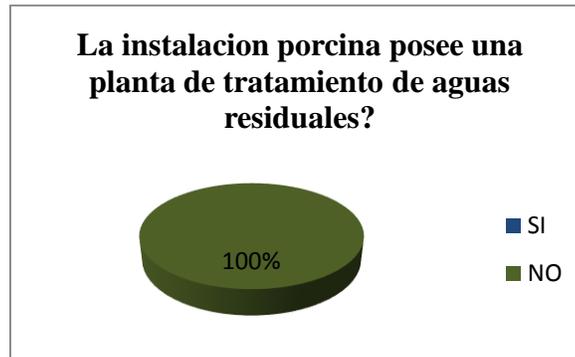
En el sitio Banasur las instalaciones porcinas generan un gran número de contaminantes sobre el aire, agua y suelo, alterando así la calidad ambiental. De acuerdo con los datos obtenidos del check list dirigido al área de bioseguridad, operaciones y sistema de manejo de las 15 instalaciones porcinas, como datos principales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Grafica 1. Plan de acción ambiental**

Fuente: Los autores

En el gráfico 1 se observa que el 100% de los productores dedicados a la actividad porcina no cuentan con un debido plan de acción o manejo ambiental lo que implica que la producción porcina en el sitio Banasur es la principal fuente de contaminación de los recursos naturales.

**Grafica 2. Tratamiento de aguas residuales**



Fuente: Los autores

En el gráfico 2 se aprecia que el 100% de los planteles porcinos no cuentan con un debido tratamiento en lo que respecta a las aguas residuales, lo que es muy factible para los autores el otorgar estrategias que permitan mitigar el impacto ambiental generado por esta actividad.

**Grafico 3. Manejo de residuos sólidos**



Fuente: Los autores

En el gráfico 3 se observa que el 90% de los 15 establecimientos porcinos no cuentan con un programa para el manejo adecuado de los residuos sólidos, a diferencia de una pequeña proporción que representa el 10%.

Luego de haber analizado los datos correspondientes al check list realizado se optó por la identificación de los aspectos e impactos ambientales que generan cada uno de los planteles porcinos, estableciendo las actividades que se realizan en cada granja como se detalla en la Tabla 3.

**Tabla 3. Impactos ambientales frecuentes en las instalaciones porcinas del sitio Banasur, Cantón Pasaje**

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Desinfección y mantenimiento de instalaciones	Consumo de agua	Generación de aguas residuales
	Generación de residuos peligrosos (envases de pintura, residuos eléctricos, aceite usado), y ordinarios (tubería, metal, plástico)	Contaminación del suelo y del agua
Cría, levante y ceba	Generación residuos y subproductos	Contaminación del suelo
		Propagación de plagas
	Producción de Excrementos	Contaminación del suelo
		Contaminación de aguas
		Olores ofensivos
		Propagación de plagas
	Emisiones a la atmósfera	Emisión de gases de efecto invernadero
		Olores ofensivos
	Generación de aguas residuales	Contaminación de aguas
		Contaminación de suelos
Olores ofensivos		
Consumo de materias primas	Generación de residuos ordinarios y hospitalarios	
Consumo de energía	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)	
Prácticas de sanidad animal y seguridad	Consumo de medicamentos	Generación de residuos hospitalarios
	Generación de residuos biológicos	Contaminación del suelo
		Contaminación de aguas
		Olores ofensivos
		Propagación de plagas
	Acatamiento de legislación	Errores en procedimiento y sanciones
Mantenimiento de instalaciones	Generación de residuos	

Fuente: Los autores

Tabla 4. Clasificación de cerdos por edades

Propietarios de planteles porcinos	Menores de ocho semanas	Entre dos y seis meses	Mayores de seis meses	Total
Patricia Ordoñez	0	0	10	10
Rodolfo Honores	3	8	8	19
Ángel Barre	0	0	15	15
Joffre Luna	5	2	10	17
Jessenia Díaz	0	0	20	20
Leticia Samaniego	0	0	18	18
Fernando Merino	25	15	40	80
María Vásquez	0	0	14	14
Yaritza Saavedra	2	4	14	20
Juan Ordoñez	0	0	12	12
Rosa Díaz	0	0	15	15
Efraín Yunga	5	3	12	20
Rosa Idrovo	0	0	14	14
Duamel Solano	0	0	18	18
Carlos Intriago	0	8	6	14
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>226</b>	<b>306</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>13,07</b>	<b>13,07</b>	<b>73,86</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Los autores

Los propietarios de cada uno de los planteles porcinos cuentan con un total de 306 animales establecidos en un rango de 10 a 80 dentro de cada granja clasificados en: menores de ocho semanas, entre dos y seis meses, mayores de seis meses como se detalla en la Tabla 4.

### Generación de excretas

Los cerdos menores de ocho semanas producen un total de 40 kg diarios de excretas entre todos, los de entre dos y seis meses 60 kg, y los mayores de 6 meses 452 kg de excretas diariamente, esto equivale a un total de 552 kg de excretas, esto es 0,552 toneladas métricas.

### Volumen de aguas residuales

Al ser identificadas todas las instalaciones porcinas de pequeñas granjas, se consideró que cada una de ellas tiene un consumo diario de agua de 35 litros, es decir un consumo total de 525 litros de agua diarios, 3675 litros cada siete días y 191.625 litros a los 365 días, es decir, 0.52, 3.675 y 191.625 m<sup>3</sup> respectivamente.

## **Alternativas para prevenir, controlar y/o mitigar la contaminación ambiental**

- **Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

### **Contactador biológico**

Con el fin de superar el problema de la contaminación de aguas residuales se han creado nuevas tecnologías, económicas y eficientes y de bajo consumo; en China se han desarrollado nuevos equipos que se basan en el nuevo contactador biológico giratorio de auto-reflujo integrado (NISRRBC), por medio del cual se logró mejorar el reflujo de líquido de lodo, además de mejorar la eficiencia de eliminación de contaminantes (Han, Ma, Xiao, Huo, & Guo, 2019).

### **Electrodiálisis**

Otros investigadores han aplicado la electrodiálisis como tratamiento terciario de efluentes, los resultados obtenidos demostraron la mejora del efluente tratado en sus características físicas y químicas, y en la eliminación de cationes y aniones, cuyos porcentajes fueron superiores al 80% y 70% respectivamente (Albornoz, Marder, Benvenuti, & Bernardes, 2019).

### **Biorreactor (BBR)**

El uso de la tecnología de biorreactor (BBR) desconcertado simple, al ser operada con un modo de aireación intermitente permitió eliminar de manera efectiva casi todo el nitrógeno para el tratamiento de aguas residuales de pequeño flujo, se obtuvieron concentraciones promedio de amoníaco y nitrato en el efluente de 0.75 y 0.61 mg-N / L, completándose así la nitrificación como la desnitrificación (G. Liu & Wang, 2017).

### **Biorreactor (MBBR)**

Una tecnología sostenible que se utiliza en la actualidad para el tratamiento de aguas residuales es la de biorreactor (MBBR), estos se clasifican en dos categorías: reactores de biopelículas puros y reactores híbridos, a diferencia de los tanques de lodos activados tradicionales, este sistema cuenta con filtros de goteo y biofiltros sumergidos (Bajpai, 2017).

- **Control de olores**

Con el propósito de disminuir la carga de olores ofensivos en centros de producción animal, se han probado diferentes sistemas, uno de ellos incluye un reactor de flujo con un recubrimiento

fotocatalítico a base de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en las superficies internas y lámparas ultravioleta negra, con su uso fue posible observar reducciones significativas en cuanto a las emisiones de p-cresol (22%), olor (16%) y óxido nitroso (9%), aumento significativamente el dióxido de carbono (3%), resultando efectivo para mitigar olores (Maurer & Koziel, 2019).

Entre los temas tratados en referencia a la disminución de olores en programas de cerdos, se ha investigado el uso de las enzimas xilanasas, para lo cual se ha evaluado el olor a estiércol, llegando a la conclusión de que, el uso de las xilanasas redujo las emisiones de olor a estiércol (O'Shea et al., 2014).

### **Biodigestores**

Una tecnología muy versátil para generación de biogás es la digestión anaeróbica, la cual puede ser utilizada en la calefacción y para producir electricidad, su propósito se relaciona generalmente con la utilización de desechos procedentes del sector agrícola como son los residuos agrícolas, estiércol animal y otros desechos orgánicos (Parralejo, Royano, González, & González, 2019).

Para la utilización de biodigestores es importante considerar el diseño adecuado de acuerdo a la aplicación que se la vaya a dar, para esto habrá que tener en cuenta algunos factores, entre ellos la disponibilidad de materia prima, abastecimiento de agua, demanda energética, materiales y mano de obra local, además de ello, el compromiso para manipular y mantener de manera efectiva el biodigestor (Rupf, Bahri, De Boer, & McHenry, 2016).

Los costos ocasionados por el uso de digestores pueden reducirse significativamente mediante la utilización de biodigestores en forma de lagunas cubiertas con poliuretano anaeróbico de alta densidad (HDPE), es posible obtener niveles significativos en la producción de metano con el empleo de pasto elefante como un co-sustrato y a un costo mínimo (Gutierrez, Xia, & Murphy, 2016).

### **Biolixiviación**

Estudios realizados con Biolixiviación en estiércol de cerdos han logrado disminuir la concentración de metales pesados, los cuales estaban presentes en formas estables, sus propiedades físico químicas se modificaron, llegando a la conclusión que se trata de una alternativa eficiente para la eliminación de metales pesados (Xiaocheng et al., 2018).

### **Tratamiento en fosa con adicción de enzimas**

En la fosa se adicionan enzimas con la finalidad de estabilizar los residuos sólidos, esta alternativa tiene gran ventaja porque reduce la generación de amoníaco de las excretas y, porque cuando se extrae el lodo de la fosa lo sitúan directamente en el suelo. En estos sistemas los residuos sólidos que caen a la fosa se sedimentan y el nivel del agua incrementa hasta llegar a un rebosadero por donde sale el agua de forma continua. Se considera que el tiempo que pasa el agua en la fosa en contacto con la enzima también permite realizar un tratamiento parcial del agua residual (Garzón & Buelna, 2014).

### **Sistema de cría cama profunda**

El sistema cama profunda básicamente consiste en la cría de cerdos sobre una capa vegetal absorbente, en el cual las deyecciones experimentan un compostaje in situ, reduciendo de esta manera los residuos orgánicos, contribuyendo a la higienización de la cama y a la obtención de un producto estable de excelente calidad, el cual es posible utilizarlo en la agricultura y en la alimentación de bovinos; mediante este sistema es posible disminuir la emisión de residuos, de malos olores y la presencia de moscas, resulta ser muy amigable con el medio ambiente (Pullés, 2012).

Con la utilización de este sistema raramente se han notificado emisiones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y gases de efecto invernadero (GEI), para lo cual suelen usarse productos como cáscara de arroz, aserrín, vinaza, entre otros productos (L. Zhang et al., 2016). Por tal razón también se la considera como una estrategia recomendable en el sitio Banasur.

### **Alternativa viable de implementar en el sitio Banasur**

Un estudio realizado en el Ecuador, en la ciudad de Latacunga, plantea la propuesta de utilizar biodigestores para aprovechar las excretas producidas por el ganado, en el cual consideran las siguientes dimensiones: Longitud 2.6 metros, ancho 1.7 metros y altura 1.3 metros, diseño que generaría 1,05 m<sup>3</sup> de biogás, cantidad que satisface la necesidad de 0,85 m<sup>3</sup> de gas licuado de petróleo (G.L.P.), obtenido en base a una mezcla de 100 kg de mezcla en un período de 12 días (Mullo, Sanchez, Salazar, Chacha, & Flores, 2018).

Entre los factores de los cuales depende la producción de biogás dentro del biodigestor, se encuentran algunos como son la temperatura, el contenido de agua y aditivos; las excretas para que puedan ser descompuestas deben contener altos contenidos de agua, para lo cual será necesario realizar una

mezcla en proporción de 1:1 de agua/excreta, agua que puede provenir del proceso de limpieza de los corrales, de acuerdo a (Vera et al., 2014), la producción de biogás que es posible obtener de las excretas de los cerdos varía de acuerdo a la edad, tal como se detalla en la tabla 5.

**Tabla 5. Producción de biogás por edad del animal**

<b>Clasificación</b>	<b>Biogás (m<sup>3</sup>/Kg)</b>	<b>Biogás (m<sup>3</sup>/día)</b>
Menores de ocho semanas	0,07	0,07
Entre dos y seis meses	0,07	0,11
Mayores de seis meses	0,07	0,14

Fuente: (Vera et al., 2014)

**Tabla 6. Producción de excretas porcinas diarias y anual**

	<b>Menores de ocho semanas</b>	<b>Entre dos y seis meses</b>	<b>Mayores de seis meses</b>	<b>Total</b>
Cantidad de animales	40	40	226	306
Excretas animal/día kg	1,0	1,5	2,0	
Total excretas/ día (Ton)	0,04	0,06	0,452	0,552
Total excretas/año (Ton)	14,6	21,9	164,98	201,48

Fuente: Los autores

Utilizando la tabla 5 es posible estimar la producción de biogás en metros cúbicos por cada kilogramo de excretas de ganado porcino, datos que son expuestos en la tabla 7.

**Tabla 7. Producción diaria y anual de biogás en el sitio Banasur**

	<b>Menores de ocho semanas</b>	<b>Entre dos y seis meses</b>	<b>Mayores de seis meses</b>	<b>Total</b>
Cantidad de animales	40	40	226	306
Biogás animal/día (m <sup>3</sup> )	0,07	0,11	0,14	
Total biogás/ día (m <sup>3</sup> )	2,8	4,4	31,64	38,84
Total biogás/año (m <sup>3</sup> )	1022	1606	11549	14177

Fuente: Los autores

Como se detalla en la tabla 7, la cantidad potencial de biogás obtenible de las excretas de los cerdos en el sitio Banasur es de 14.177 metros cúbicos al año, con una producción diaria de 38,84 metros cúbicos.

Para poder utilizar el biogás obtenido es necesario convertirlo a energía calorífica, asumiendo un control de las variables es posible considerar que el contenido energético de esta mezcla equivale a  $20 \text{ MJ/m}^3$ , lo cual mediante un cambio de unidades significa  $5.56 \text{ kWh/m}^3$ , es decir, cada metro cúbico de biogás constituye 0.0033 barriles equivalentes de petróleo (BEP), o lo que es igual, el contenido energético de un BEP corresponde a  $305.8 \text{ m}^3$ .

Al aprovechar de manera eficiente las excretas de los cerdos en el sitio Banasur, podría obtenerse hasta 216 KW diarios y 78.824 KW al año, energía suficiente para encender un foco de 100 W (0,10 Kw) durante 216 horas.

### **Discusión**

Un estudio realizado en México sobre la Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos, concluyen que la gran mayoría de los sistemas de tratamiento de efluentes de granjas porcinas a escala real presentan altas tasas de contaminantes debido a que se han aplicado sistemas que no toman en cuenta la gran variación de concentración de contaminantes residuos que producen la producción porcícola (Garzón & Buelna, 2014).

En otro estudio realizado sobre la Evaluación del potencial de producción del biogás en Cuba determinaron que el aporte al uso del biogás para el país es de 1 477 394 MWh/año (Suárez et al., 2018), producido por los desechos que genera el sector porcícola de esta manera contribuye a disminuir el impacto ambiental, del cual el estudio realizado en el sitio Banasur se determinó que se puede aportar 78.824 KW de luz al año.

Por ultimo en una investigación titulada como: La implementación de buenas estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura realizada en México, los autores optaron por la implementación de la digestión anaerobia como una alternativa para convertir la materia orgánica de los desechos porcinos en biogás(Cervantes, Saldívar, & Yescas, 2007).

Como alternativa de nuevas estrategias en la presente investigación con la información obtenida, se concluyó que los sistemas más viables de implementar en el sitio Banasur son: sistema de cría de cama profunda, biodigestores y tratamiento de aguas residuales.

## Conclusiones

Luego de analizar las diferentes herramientas disponibles para la prevención y mitigación del impacto ambiental generado por los programas de cerdos y los impactos ambientales producidos por los poricultores en el sitio Banasur del cantón Pasaje, se concluye que los principales impactos producidos son: la generación de aguas residuales, contaminación del suelo y del agua, propagación de plagas, olores ofensivos, emisión de gases de efecto invernadero y generación de residuos ordinarios y hospitalarios, para los cuales, en base a las características de los sistemas de producción, existen algunas alternativas que son factibles de implementar como son los sistemas de cría de cama profunda, sistemas de tratamiento de aguas residuales y biodigestores, de este último podría obtenerse hasta 216 KW diarios y 78.824 KW al año, energía suficiente para encender un foco de 100 W (0,10 Kw) durante 216 horas.

## Referencias Bibliográficas

- Adu, D. T., & Denkyirah, E. K. (2018). Economic growth and environmental pollution in West Africa: Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.12.008>
- Albornoz, L. L., Marder, L., Benvenuti, T., & Bernardes, A. M. (2019). Electrodialysis applied to the treatment of an university sewage for water recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(2), 102982. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102982>
- Bajpai, P. (2017). External Treatment Technologies Used for Pulp and Paper Mill Effluents. In *Pulp and Paper Industry* (pp. 71–92). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811099-7.00006-x>
- Cervantes, F., Saldívar, J., & Yescas, J. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1), 3–12. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Cervantes/publication/228790955\\_Estrategias\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_de\\_desechos\\_porcinos\\_en\\_la\\_agricultura/links/0a85e52f8e422c6f03000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Cervantes/publication/228790955_Estrategias_para_el_aprovechamiento_de_desechos_porcinos_en_la_agricultura/links/0a85e52f8e422c6f03000000.pdf)
- FAO. (2015). *Soluciones ganaderas para el cambio climático*. 8. Retrieved from <http://www.fao.org/3/I8098ES/i8098es.pdf>
- FAO. (2016). Producción y Sanidad Animal. Retrieved July 5, 2019, from <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/Environment.html>
- FAO. (2018). *Perspectivas alimentarias*. Roma.
- FAO. (2019). Producción y Sanidad Animal. Retrieved August 12, 2019, from <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/Environment.html>
- GAD. (2015). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Buenavista*. Retrieved from [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0760029080001\\_ACTUALIZACION\\_PDyOT\\_BUENAVISTA\\_CORREGIDO\\_marlon\\_BUE\\_21233\\_\(Autoguardado\)\\_30-10-2015\\_17-55-57.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760029080001_ACTUALIZACION_PDyOT_BUENAVISTA_CORREGIDO_marlon_BUE_21233_(Autoguardado)_30-10-2015_17-55-57.pdf)

- García, W., Luizaga, C. G., & Herbas, E. (2016). Análisis del riesgo ambiental producto de pasivos ambientales de YPF, generados en la limpieza de contenedores en inmediaciones de la Refinería Gualberto Villarroel (Cochabamba-Bolivia) y propuesta de medidas correctivas. *Acta Nova*, 7(3), 334–351.
- Garzón, M., & Buelna, G. (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30(1), 65–79. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n1/v30n1a6.pdf>
- Gutierrez, E. C., Xia, A., & Murphy, J. D. (2016). Can slurry biogas systems be cost effective without subsidy in Mexico? *Renewable Energy*, 95, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.096>
- Han, Y., Ma, J., Xiao, B., Huo, X., & Guo, X. (2019). New Integrated Self-Refluxing Rotating Biological Contactor for rural sewage treatment. *Journal of Cleaner Production*, 217, 324–334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.276>
- INEC. (2016). *Información Ambiental en la Agricultura 2016*. Retrieved from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Informacion\\_ambiental\\_en\\_la\\_agricultura/2016/PRESENTACION\\_AGRO\\_AMBIENTE\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2016/PRESENTACION_AGRO_AMBIENTE_2016.pdf)
- INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito.
- Liu, G., & Wang, J. (2017). Achieving advanced nitrogen removal for small flow wastewater using a baffled bioreactor (BBR) with intermittent aeration. *Journal of Environmental Management*, 199, 222–228. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.047>
- Liu, L., Bilal, M., Duan, X., & Iqbal, H. (2019). Mitigation of environmental pollution by genetically engineered bacteria — Current challenges and future perspectives. *Science of The Total Environment*, 667, 444–454. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.02.390>
- Maurer, D. L., & Koziel, J. A. (2019). On-farm pilot-scale testing of black ultraviolet light and photocatalytic coating for mitigation of odor, odorous VOCs, and greenhouse gases. *Chemosphere*, 778–784. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.086>
- Moreno, A., & Devia, J. (2018). *EVALUACIÓN AMBIENTAL AL CRIADERO DE PORCICULTURA GRANJA CAMPO*. Retrieved from <http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/6261/1/2018->

evaluacion\_ambiental\_criadero.pdf

- Mullo, A., Sanchez, W., Salazar, F., Chacha, J., & Flores, A. (2018). Implementation of a cattle manure biodigester for the production of gas for single family use. *E3S Web of Conferences*, 57, 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185701003>
- O'Shea, C. J., Mc Alpine, P. O., Solan, P., Curran, T., Varley, P. F., Walsh, A. M., & Doherty, J. V. O. (2014). The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower-finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.11.012>
- Panya, N., Poboon, C., Phoochinda, W., & Teungfung, R. (2018). The performance of the environmental management of local governments in Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(1), 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.03.001>
- Parralejo, A. I., Royano, L., González, J., & González, J. F. (2019). Small scale biogas production with animal excrement and agricultural residues. *Industrial Crops and Products*, 131(November 2018), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.059>
- Pullés, M. (2012). Evaluación microbiológica del sistema de cama profunda en la crianza porcina a pequeña escala en Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 43(3), 1–2.
- Reyes V. (2010). Producción porcina y el medio ambiente. Retrieved August 12, 2019, from <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/cu/2010/vmrg.htm>
- Rupf, G. V., Bahri, P. A., De Boer, K., & McHenry, M. P. (2016). Broadening the potential of biogas in Sub-Saharan Africa: An assessment of feasible technologies and feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 556–571. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.023>
- Sagastume Gutierrez, A., Cabello Eras, J. J., Billen, P., & Vandecasteele, C. (2016). Environmental assessment of pig production in Cienfuegos, Cuba: Alternatives for manure management. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2518–2528. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.082>
- Suárez, J., Sosa, R., Martínez, Y., Curbelo, A., Figueredo, T., & Cepero, L. (2018). *Evaluación del potencial de producción del biogás en Cuba*. 41(2), 85–92.
- Vera, I., Martínez, J., Estrada, M., & Ortiz, A. (2014). Potencial de generación de biogás y energía

elétrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(3), 429–436. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70352-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70352-X)

Xiaocheng, W., Dongfang, L., Lirui, L., Zhendong, Li, W., & Huang, W. (2018). Bioremediation of heavy metals from pig manure with indigenous sulfur-oxidizing bacteria: effects of sulfur concentration. *Heliyon*, 4(9), e00778. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00778>

Zhang, L., Sheng, J., Zhang, Y., Chen, L., Sun, G., & Zheng, J. (2016). Ammonia and greenhouse gas emissions from different types of deep litter used for pig rearing. *Livestock Science*, 188, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.012>

Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54(August 2018), 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.02.004>